

**PUNAHOMEEN (*FUSARIUM* SPP.) JA PEITTAUKSEN VAIKUTUS  
KAURAN (*AVENA SATIVA*) ITÄVYYTEEN**

Aino Koivisto  
Maisterintutkielma  
Helsingin yliopisto  
Maataloustieteiden laitos  
Kasvipatologia  
Marraskuu 2016

HELSINGIN YLIOPISTO — HELSINGFORS UNIVERSITET — UNIVERSITY  
OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos — Institution — Department Maataloustieteiden laitos	
Tekijä — Författare — Author Aino Koivisto			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Punahomeen ( <i>Fusarium</i> spp.) ja peittauksen vaikutus kauran ( <i>Avena sativa</i> ) itävyyteen			
Oppiaine — Läroämne — Subject Kasvipatologia			
Työn laji — Arbetets art — Level Maisterintutkielma	Aika — Datum — Month and year Marraskuu 2016	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 79	
<p>Tiivistelmä — Referat — Abstract</p> <p>Kaura (<i>Avena sativa</i>) on rehu- ja ruokateollisuudessa käytettävä viljakasvi, jolla <i>Fusarium</i>-sienet alentavat siementen itävyyttä ja aiheuttavat satotappioita. Siementen peittauksella voidaan torjua siemen- ja maalevintäisiä tauteja. Homeiden ja peittausaineiden vaikutusta kauran itävyyteen tutkittiin laboratorio-olosuhteissa International Seed Testing Association:in virallisen idätyskokeen menetelmin. Kauran siemeniä idätettiin kostutetulla suodatinpaperilla ja hiekassa ja käsiteltiin eri peittausaineilla (Baytan Universal, Celest Trio ja Zardex G), minkä jälkeen niistä laskettiin itävyysprosentit ja luokiteltiin niissä esiintyvät vioitukset. Näillä siemenillä kasvavaa <i>Fusarium</i>-lajistoa ja niiden aiheuttamia vioituksia kauran iduille tutkittiin. Lisäksi selvitettiin, oliko peittausaineiden tehoissa ja kauralajikkeiden taudinkestävyyksissä eroja. Toisessa kokeessa kolmen kauralajikkeen siemeniä tartutettiin <i>Fusarium culmorum</i> -sienellä ja idätettiin kostealla suodatinpaperilla. Tutkimuksessa analysoitiin kauralajikkeiden itävyyttä ja homevioitusten esiintymistä myös Eviran virallisissa idätyskokeissa, joita on tehty sertifiointia varten tarkastettavista peittaamattomista ja peitatuista näytteistä eri maantieteellisiltä alueilta eri vuosien sadoista. Homevioitusten määrissä ja itävyyksissä oli vaihtelua kauralajikkeiden välillä eri puolilla Suomea eri kasvukausina. Huonosti itäneissä siemenerissä esiintyi pääsääntöisesti enemmän homevioituksia kuin hyvin itäneissä. Peittausaineet vähensivät homevioituksia selkeästi, mutta paransivat itävyysprosenttia vain vähän. Tutkittujen peittausaineiden välillä oli vain hieman eroja niiden kyvyssä parantaa itävyyttä, mutta homevioitusten ja <i>Fusarium</i>-sienten vähentämisessä niiden välillä oli suurempia eroja. Parhaiten vioituksia ja <i>Fusarium</i>-sieniä vähensi laboratorio-olosuhteissa käsittely fludioksoniili-, difenokonatsoli- ja tebukonatsoli-tehoaineiden yhdistelmällä. Idätysmenetelmä vaikutti siementen itävyyteen ja homevioitusten määriin. Hiekkaidätyksessä kauran siementen itävyys oli parempi kuin paperi-idätyksessä, mutta hiekassa iduilla oli enemmän vioituksia kuin paperilla.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Punahome, <i>Fusarium</i> spp., kaura, <i>Avena sativa</i> , peittaus, itävyys, taudinkestävyys			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Maataloustieteiden laitos ja Viikin kampuskirjasto			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Työtä ohjasivat Asko Hannukkala ja Hanna Ranta			

HELSINGIN YLIOPISTO — HELSINGFORS UNIVERSITET — UNIVERSITY  
OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Laitos — Institution — Department Department of Agricultural Sciences	
Tekijä — Författare — Author Aino Koivisto			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Effect of <i>Fusarium</i> spp. and fungicidal seed treatments on the germination of oat ( <i>Avena sativa</i> ) seeds			
Oppiaine — Läroämne — Subject Plant pathology			
Työn laji — Arbetets art — Level Master's thesis	Aika — Datum — Month and year November 2016	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 79	
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p><i>Fusarium</i> species lower the germination of oat (<i>Avena sativa</i>) seeds and cause losses in yields. Fungicidal seed treatments prevent fungal diseases from spreading through seeds and soil. This study was conducted to determine how different fungicidal seed treatments affect the germination of oat seeds and the <i>Fusarium</i> species present in laboratory conditions applying official ISTA germination test methods on filter paper and sand. Aim was also to detect the damages fungi cause to oat seedlings as well as the effectiveness of different seed treatments and the resistance of oat cultivars to <i>Fusarium</i>. The germination percentages and damages were detected in two studies. In the first study, oat seeds were germinated on both filter paper and sand and treated with fungicidal seed treatments (Baytan Universal, Celest Trio and Zardex G). In the second study, oat seeds were inoculated with <i>Fusarium culmorum</i> and germinated on filter paper. Additionally, the effect of mould fungi on germination in several different geographical areas, years and cultivars was investigated based on the official germination tests conducted by Evira, who used samples analysed for certifying. Differences were detected between cultivars in their germination and damages caused by fungi in different geographical areas and years. In general, there were more damages in the seed lots with lower germination. The fungicidal seed treatments decreased damages clearly but increased germination only slightly. Only slight differences were observed between the researched seed treatments in their abilities to increase the germination of oat but there were greater differences in their abilities to decrease the amount of <i>Fusarium</i> and the damages they caused to oat seeds. The seed treatment with fludioxonil, difenoconazole and tebuconazole as active ingredients was the most effective against the damages caused by <i>Fusarium</i> in laboratory conditions. Additionally, the germination of oat was better with the sand germination method than on filter paper. However, there were more damages on oat seedlings germinated on sand than on filter paper.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords <i>Fusarium</i> spp., oat, <i>Avena sativa</i> , fungicidal seed treatment, germination, resistance			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Department of Agricultural Sciences and Viikki Campus Library			
Muuta tietoa — Övriga uppgifter — Further information Supervisors: Asko Hannukkala and Hanna Ranta			

# SISÄLLYS

LYHENTEET JA SYMBOLIT.....	6
1 JOHDANTO.....	7
2 KAURA.....	8
2.1 Viljely ja taloudellinen merkitys .....	8
2.2 Taudinkestävyys <i>Fusarium</i> -sieniä vastaan .....	8
3 PUNAHOME.....	9
3.1 <i>Fusarium</i> -suku.....	9
3.2 Elinkierto .....	11
3.3 <i>Fusarium</i> -sienet taudinaiheuttajina .....	12
3.3.1 <i>Fusarium</i> -sienten patogeenisuus ja niiden aiheuttamat oireet.....	12
3.3.2 Hometoksiinit.....	14
3.4 Torjuntamenetelmät .....	16
4 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET .....	17
5 AINEISTO JA MENETELMÄT .....	18
5.1 Itävyys ja homevioitukset eri kauralajikkeilla kasvukausina 2012–2014 idätyskokeiden tulosaineistossa .....	18
5.2 Peittauksen ja idätysmenetelmien vaikutukset eritasoisia hometartuntoja kantavien näytteiden itävyyteen, homevioituksiin ja <i>Fusarium</i> -lajien määriin.....	21
5.2.1 Tutkitut siemenerät ja peittauskäsittelyt.....	21
5.2.2 Kokeen toteutus.....	22
5.3 <i>Fusarium culmorum</i> -sienen patogeenisuus kolmelle kauralajikkeelle .....	24
5.3.1 <i>Fusarium culmorum</i> -kanta ja kauralajikkeet .....	24
5.3.2 Kokeen toteutus.....	25
6 TULOKSET .....	26
6.1 Itävyys ja homevioitukset eri kauralajikkeissa 2012–2014 .....	26
6.2 Peittauksen ja idätysmenetelmien vaikutukset eritasoisia hometartuntoja kantavien näytteiden itävyyteen, homevioituksiin ja <i>Fusarium</i> -lajien määriin.....	35
6.2.1 Itävyys ja vaurioluokat .....	35



6.2.2	<i>Fusarium</i> -lajit .....	38
6.3	<i>Fusarium culmorum</i> -sienen patogeenisuus kolmelle kauralajikkeelle .....	40
7	TULOSTEN TARKASTELU .....	42
7.1	Itävyys ja homevioitukset eri kauralajikkeissa 2012–2014 .....	42
7.2	Peittauksen ja idätysmenetelmien vaikutukset eritasoisia hometartuntoja kantavien näytteiden itävyyteen, homevioituksiin ja <i>Fusarium</i> -lajien määriin .....	45
7.3	<i>Fusarium culmorum</i> -sienen patogeenisuus kolmelle kauralajikkeelle .....	48
8	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	50
9	KIITOKSET.....	51
	LÄHTEET .....	51
	LIITE 1: ITÄVYYSTULOSAINEISTON NÄYTTEIDEN LUKUMÄÄRÄT .....	60
	LIITE 2: MORFOLOGINEN LUOKITUS .....	64
	LIITE 3: PEITTAUKSEN, LAJIKKEIDEN, KASVUKAUSIEN JA MAANTIETEELLISTEN ALUEIDEN VAIKUTUSTEN TILASTOLLISET MERKITTÄVYYDET ITÄVYYSTULOSAINEISTOSSA .....	65
	LIITE 4: PEITTAUSKÄSITTELYN JA IDÄTYSMENETELMIEN VAIKUTUSTEN TILASTOLLISET MERKITTÄVYYDET ERITASOISIA HOMETARTUNTOJA KANTAVILLA NÄYTTEILLÄ.....	73
	LIITE 5: <i>FUSARIUM CULMORUM</i> -SIENEN VAIKUTUKSEN TILASTOLLINEN MERKITTÄVYYS KOLMELLA KAURALAJIKKEELLA .....	77

## LYHENTEET JA SYMBOLIT

AcDON	Monoasetyylideoksinivalenolit
ANT Y	Antibiootti Y
BEA	Beauverisiini
BU	Baytan Universal
CT	Celest Trio
DAS	Diasetoksyskirpenoli
DON	Deoksinivalenoli
ENN	Enniatiini
FHB	Fusarium head blight
FUS	Fusarenoni-X (4-asetyyli-NIV)
HT-2	HT-2-toksiini
MON	Moniliiformiini
NEO	Neosolanioli
NIV	Nivalenoli
T2	T2-toksiini
ZG	Zardex G
ZOH	Zearalenolit
ZON	Zearalenoni

## 1 JOHDANTO

*Fusarium*-sienet eli punahomeet ovat yleisiä monilla kasvilajeilla, joilla ne aiheuttavat satotappioita (usein 10–30 %) ja alentavat sadon ravitsemuksellista laatua ympäri maailmaa (Parry ym. 1995; Bottalico 1998; Scherm ym. 2013; Parikka ym. 2014). Osa *Fusarium*-lajeista tuottaa toksineja, kuten deoksinivalenolia (DON) sekä T-2- ja HT-2-toksiineja, jotka voivat aiheuttaa suurina pitoisuuksina terveydellisiä haittoja sekä ihmisille että tuotantoeläimille (Parry ym. 1995; Parikka ym. 2014). Toksiineja löytyy välillä viljasta liian korkeina pitoisuuksina. Esimerkiksi vuosina 1996–1998 Langsethin ja Rundbergetin (1999) mukaan norjalaisessa kaurassa oli HT-2- ja T-2-toksiineja niin suurina pitoisuuksina, että ne olivat haitallisia ihmisille.

Kauraa viljellään rehu- ja ruokateollisuuteen ja sillä esiintyy viljoista (vehnä, ruis, kaura ja ohra) korkeimmat pitoisuudet *Fusarium*-sienten tuottamia DON-, T-2- ja HT-2-toksiineja Suomessa (Rautala ym. 2008; Hietaniemi ym. 2016) ja Norjassa (Langseth ja Rundberget 1999). Kauraa on pyritty viljelemään peittamattomana, mutta paineet kauran peittaukseen kasvavat korkeiden hometoksiinipitoisuuksien vuoksi. Euroopan komissio on asettanut viljoille *Fusarium*-sienten hometoksiinipitoisuuksille enimmäisrajat, jotka kauralla ovat DON-toksiinille 1750 µg/kg sekä T-2- ja HT-2-toksiinien summalle 1000 µg/kg (Euroopan Komissio 2006).

Elintarviketurvallisuusvirasto (Evira) valvoo Suomessa markkinoitavan kylvösiemenen laatua ja viljasadon hometoksiinipitoisuuksia viljasadon laatu seurantaan liittyvässä turvallisuusseurannassa yhteistyössä Vilja-alan yhteistyöryhmän (VYR), Luonnonvarakeskuksen (Luke) ja ProAgrian kanssa. Vuonna 2015 Eviran viljasadon laatu seurannan kauranäytteistä noin 10 prosenttia ylitti DON-toksiinin elintarvikekauralle asetetun raja-arvon (Evira 2016). Korkeiden DON-toksiinipitoisuuksien takia elintarvikekäyttöön tarkoitettuja viljaeriä hylätään esimerkiksi viljakaupassa ja myllyillä, minkä vuoksi viljelijöille aiheutuu taloudellisia tappioita (Sieviläinen Elina, Evira, sähköpostiviesti kirjoittajalle 9.5.2016). *Fusarium*-sienet voivat myös levitä pellolle huonolaatuisen siemenen mukana, mikä aiheuttaa orastumisvaurioita ja varttuneemman kasvuston sairastumista. Alentuneet itävyysprosentit aiheuttavat taloudellisia tappioita siementuottajille, sillä Eviran suorittamassa virallisessa itävyytestauksessa alle 85 % itäneet viljan siemenet

hylätään siemenlainsäädännön mukaisesti, jolloin niitä ei voi myydä siemenviljana. Huonoina vuosina joidenkin lajikkeiden siemenistä voikin tulla saatavuusongelmia. Alentuneen itävyysprosentin takia myös kylvötiheyden on oltava suurempi kuin hyvin itävillä siemenerillä, jolloin siemeniä kuluu enemmän peltopinta-alaa kohti.

Tässä tutkimuksessa selvitettiin, millainen vaikutus peittauksella on *Fusarium*-lajien runsauteen ja niiden aiheuttamiin vioituksiin kauran siemenillä. Tavoitteena oli selvittää, miten peittaus ja punahome vaikuttavat kauralajikkeiden siementen itämiskykyyn ja homevioletuksiin laboratorio-olosuhteissa paperi- ja hiekkaidätyksissä. Lisäksi tutkittiin, oliko eri peittausaineiden tehoissa eroja. Myös maantieteellisen alueen, kasvukauden ja peittauksen merkityksiä homevioletusten esiintymiselle tutkittiin Eviran idätyskokeiden tulosaineiston pohjalta.

## 2 KAURA

### 2.1 Viljely ja taloudellinen merkitys

Kaura (*Avena sativa* L.) on heinäkasvien heimoon kuuluva tärkeä vilja- ja rehukasvi. Kaura on yksivuotinen, tuulipölytteinen heinä, jonka kukinto on kookas röyhy ja tähkylät nuokkuvia (Pinkka 2016). Kauraa käytettiin Suomessa elintarvikkeena toiseksi eniten kotimaisista viljoista (79 907 milj. kg) ja rehukäytössä kolmanneksi eniten (202 904 milj. kg) satovuonna 2015–2016 (Luonnonvarakeskus 2016a). Kauran käyttömäärät elintarvike- ja rehukäytössä ovat kasvaneet joka satokausi 2012–2013 lähtien. Myös kauran kylvöala (331 000 ha) kasvaa Suomessa samalla, kun muiden viljojen kylvöalat vähentyvät (Luonnonvarakeskus 2016b). Kauraa viljeltiin Suomessa eniten Etelä-Pohjanmaalla (44 800 ha), Varsinais-Suomessa (36 700 ha), Pirkanmaalla (36 200 ha) ja Hämeessä (35 200 ha) vuonna 2016. Yli puolet Suomessa tuotetusta luomuviljasta oli kauraa (45 milj. kg) vuonna 2015, jolloin luomukauran osuus kokonaiskaurasadosta oli 4,6 % (Luonnonvarakeskus 2016c).

### 2.2 Taudinkestävyys *Fusarium*-sieniä vastaan

Mesterházy (1995) luokittelee taudinkestävyyshäiriömekanismien *Fusarium*-sientä vastaan seuraavasti: vastustuskyky *Fusarium*-sienen alkutartuntaa vastaan, patogeenin leviämisen esto tartunnan saaneesta kudoksesta, jyvärtartuntojen esto, toleranssi ja

kestävyys hometoksiineja vastaan. Kauralla on tyypin II taudinkestävyyttä *Fusarium*-sientä vastaan eli se estää patogeenin leviämistä kasvissa tartunnan saaneista kudoksista terveisiin (Langevin ym. 2004). *Fusarium*-tartunnan leviäminen onkin hidasta kauran ilmassa röyhyssä, koska *Fusarium* ei pääse leviämään kauralla fyysisen kontaktin kautta tähkylästä toiseen kuten muilla viljoilla, joiden tähkät ovat tiheitä ja kukintoperät lyhyet (Langevin ym. 2004; Tekle ym. 2012). *Fusarium*-sienet viihtyvät kosteassa ja niiden kasvustot löytyvät kauralla kukkien kärjestä (Tekle ym. 2012), kun taas ohralla ne kasvavat tyvessä (Lewandowski ym. 2006). Samoista kohdista, mihin vettä kerääntyy kastelun ja sateen jälkeen.

Kauralla ja muilla viljoilla on erilaisia taudinkestävyyssmekanismeja *Fusarium*-sieniä vastaan. *Fusarium*-sienten tuottamien hometoksiinien hajottaminen on kauralla yleisempää kuin muilla viljoilla (Liu ym. 1997). Ohran taudinkestävyys perustui Liun ym. (1997) tutkimuksessa *Fusarium*-sienten alkutartunnan vastustuskykyyn sekä tartunnan leviämisen estoon tartunnan saaneista kudoksista terveisiin. Syysvehnällä taas taudinkestävyys perustui vain vastustuskykyyn alkutartuntaa vastaan. Myös Brownen ja Cookin (2005a) mukaan ohralla ja vehnällä on vastustuskykyä alkutartuntaa vastaan, sillä ne pystyivät hidastamaan *Monographella nivalis* -sienen (ennen *Fusarium nivale*) kehitystä. Kauran taudinkestävyys taas perustui toleranssiin eli kykyyn sietää *M. nivalis* -sienen rihmaston kasvua lehtiensä pinnalla.

Myös lajikkeet reagoivat *Fusarium*-sieniin eri tavoin. Kauralajikkeiden kestävyyksissä on eroja ja ne vaihtelevat *Fusarium*-lajistakin riippuen (Warzecha ym. 2012). *Fusarium*-sieni esimerkiksi pystyy tartuttamaan esillä olevia ponsia, joten kauran lajikkeet, joilla ponnet säilyvät kukkien kehityksen jälkeen ovat alttiimpia *Fusarium*-tartunnalle (Tekle ym. 2012). Myös *Fusarium*-tartunnan etenemisnopeudessa on kauralajikkeiden välisiä eroja (Browne ja Cooke 2005a).

### 3 PUNAHOME

#### 3.1 *Fusarium*-suku

*Fusarium*-sienet ovat laajalle levinneitä patogeeneja viljoilla ja maissilla kaikkialla maailman viljanviljelyalueilla (Uhlir ym. 2007). Punahometta aiheuttava *Fusarium*-lajisto on erilainen eri viljanviljelyalueilla ja se muuttuu ajan myötä. Esimerkiksi

vuonna 2004 luokiteltiin ja nimettiin uusi laji: *Fusarium langsethiae* (Torp ja Nirenberg 2004). Maailmanlaajuisesti tärkeimpiä *Fusarium*-lajeja olivat 1990-luvulla *F. culmorum* ja *F. graminearum*, kun taas pohjoisessa Euroopassa *F. poae* oli yleisin laji (Sinha ja Bhatnagar 1998). Nykyään tärkeimmät *Fusarium*-lajit Pohjois-Euroopassa ovat *F. avenaceum*, *F. tricinctum*, *F. poae*, *F. graminearum*, *F. culmorum* ja *F. langsethiae*, joista *F. avenaceum* on vallitseva laji (Uhlig ym. 2007; Sundheim ym. 2013; Hofgaard ym. 2016a).

Suomessa yleisimmät *Fusarium*-lajit olivat *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. sporotrichioides*, *F. langsethiae* ja *F. poae* vuosina 2005 ja 2006 (Hietaniemi ym. 2016). Suomessa *F. sporotrichioides*, *F. langsethiae* ja *F. graminearum* -lajien merkittävyys on kasvanut, kun taas *F. culmorum* -lajin merkittävyys on laskenut (Hietaniemi ym. 2016). Viime aikoina Pohjois-Euroopassa *F. graminearum* onkin yleistynyt *F. culmorum* -lajiin nähden (Scherin ym. 2013; Sundheim ym. 2013; Hofgaard ym. 2016a).

Kauralla yleisimmät *Fusarium*-lajit Suomessa ovat *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. poae*, *F. sporotrichioides* ja *F. langsethiae* (Rautala ym. 2008; Hietaniemi ym. 2016). Ruotsissa ja Tanskassa taas *F. langsethiae*, *F. poae* ja *F. avenaceum* olivat kauralla yleisimmät *Fusarium* -lajit (Nielsen ym. 2011; Fredlund ym. 2013). *F. langsethiae* -lajin tartuntaa esiintyy viljoista yleisimmin ja runsaimmin kauralla (Rautala ym. 2008; Hietaniemi ym. 2016). Sitä esiintyy monissa Euroopan maissa ja se muistuttaa morfologisesti hyvin paljon *F. poae* -lajia (Torp ja Nirenberg 2004), jota löytyy Suomessa eniten kauralla (Hietaniemi ym. 2016).

*Fusarium*-lajisto muuttuu viljoissa kesän aikana ja yhdessä kasvissa voi esiintyä samanaikaisesti jopa neljää *Fusarium*-lajia (Bottalico 1998; Fredlund ym. 2013). Kauralla *Fusarium*-tartuntoja on löydetty aikaisimmillaan tähkälle tulon aikaan, jolloin tartunnan on aiheuttanut *F. langsethiae* (Parikka ym. 2005). *F. langsethiae* kuuluu hitaasti kasvaviin ja vähän sienirihmastoja tuottaviin *Fusarium*-lajeihin, joten nopeammin kasvavat lajit, kuten *F. graminearum* ja *F. culmorum* (Parikka ym. 2014), voivat syrjäyttää sen kasvukauden edetessä (Torp ja Nirenberg 2004). Elokuussa *Fusarium*-tartunnat lisääntyvät nopeasti ja loppukesällä *F. culmorum* ja *F. avenaceum* -

lajit yleistyvät (Parikka ym. 2005). Myös kasvukauden olosuhteet ja viljelykierto vaikuttavat *Fusarium*-lajistoon merkittävästi (Czaban ym. 2015).

Ympäristöolosuhteet vaikuttavat *Fusarium*-lajeihin eri tavoin ja niiden esiintymismäärät riippuvat kasvukauden sääoloista, sillä eri lajeilla on hieman erilaiset lämpötila- ja kosteusvaatimukset optimaaliselle kasvulle (Rossi ym. 2001; Imathiu ym. 2010). *F. graminearum* ja *F. culmorum* viihtyvät parhaimmin lämpimässä (Rautala ym. 2008). Myös *F. poae* viihtyy lämpimissä ja kuivissa oloissa ja se on niissä olosuhteissa aikainen ja vallitseva *Fusarium*-laji (Parikka ym. 2014; Hietaniemi ym. 2016). *Fusarium*-tartuntojen määrä lisääntyy sateisissa oloissa ja toksininmuodostus lisääntyy lämpimässä (Rautala ym. 2008). Parikka ym. (2012) pohtivat *Fusarium*-lajien esiintymisten vaihtelua Pohjois-Euroopassa ilmastonmuutoksen näkökulmasta. Koska ilmaston oletetaan lämpenevän ja sademäärän lisääntyvän, *Fusarium*-sienten, erityisesti *F. graminearum*, *F. culmorum* ja mahdollisesti myös *F. langsethiae* -lajin, oletetaan runsastuvan. Ilmastonmuutos saattaa myös lisätä kuivia vuosia, mikä sopisi *F. poae* -lajille, kun taas sadon myöhästyminen korkean kosteuden takia hyödyttäisi *F. avenaceum* ja *F. culmorum* -lajeja (Parikka ym. 2012).

### 3.2 Elinkierto

*Fusarium*-sienten alkutartukkeena voi keväällä olla saastunut maa, kasvinjäänteet, vaihtoehtoiset isännät ja *Fusarium*-tartunnan saaneet siemenet (Parry ym. 1995; Gilbert ym. 2003; Imathiu ym. 2010). Kasvinjäänteet pellolla, erityisesti olki, ovat tärkeitä *Fusarium*-sienten alkutartukkeita (Hofgaard ym. 2016b). Maahan haudatut kasvinjäänteet voivat toimia alkutartukkeena varsinkin, jos sitä päätyy maan pinnalle muokkauksen yhteydessä (Chongo ym. 2001). Maan pinnalla olevista kasvinjäänteistä *Fusarium* leviää helpommin, sillä itiöitä kehittyy vain maan pinnalla olevassa *Fusarium*-rihmastossa, josta niitä leviää ympäristöön varsinkin sateisten kausien jälkeen (Inch ja Gilbert 2003; Hofgaard ym. 2016b).

Kasvukauden aikana *Fusarium* voi levitä ilmassa tuulen, sateen tai niveljalkaisten vektorien avulla kuroma- tai koteloitiöinä (Parry ym. 1995). Viljoihin leviävä *Fusarium* voi tartuttaa oraita, mikä aiheuttaa tyvi- ja juuristo-oireita ja pahimmillaan jopa tappaa oraita (Xu ja Nicholson 2009). Punahometta aiheuttavat sienet, kuten *F. langsethiae*,

leviävät kauraan kukinnan ja aikaisen siementuotantovaiheen aikana röyhyn kautta, mikä johtaa punahomeoireiden eli tähkäfusarioosin esiintymiseen (Xu ja Nicholson 2009; Divon ym. 2012).

*Fusarium*-sienet voivat talvehtia maan pinnalla olevissa kasvinjäänteissä, mutta kaikki *Fusarium*-lajit eivät kuitenkaan talvehdi yhtä hyvin (Parikka ym. 2005), sillä lämpötila ja kasvinjäänteen maatumisaste vaikuttavat *Fusarium*-sienten selviämiseen. Esimerkiksi *F. graminearum* selviytyy pidempään kylmemmissä (-10 °C ja 2 °C) kuin lämpimissä (20 °C) lämpötiloissa (Inch ja Gilbert 2003). *F. graminearum* selviää myös hyvin hitaasti maatuvaassa kasvinjäänteessä (Pereyra ym. 1999). *F. culmorum*, *F. sporotrichioides*, *F. avenaceum* ja *F. tricinctum* taas selviävät hyvin talvesta kasvinjäänteissä, kuten olkijätteessä, kun taas *F. langsethiae* selviytyy huonosti kasvinjäänteissä (Parikka ym. 2014).

### 3.3 *Fusarium*-sienet taudinaiheuttajina

#### 3.3.1 *Fusarium*-sienten patogeenisuus ja niiden aiheuttamat oireet

*Fusarium*-lajit alentavat tartunnan saaneiden siemenerien itämiskykyä (Tekle ym. 2013). Punahomeen (eli fusarium head blight, FHB) lisäksi *Fusarium*-lajit voivat aiheuttaa viljoilla orasvioletuksia sekä juuristo- ja tyvitauteja (Parry ym. 1995; Bottalico 1998; Tekle ym. 2013). Esimerkiksi *F. culmorum* voi aiheuttaa juuristo- ja tyvitauteja punahomeen lisäksi (Scherm ym. 2013). Punahome voi vähentää kauran satoa 13–29 % vähentäen jyvien määrää ja painoa (Perkowski ja Kiecana 1997) ja alentaen sadon laatua (Imathiu ym. 2009).

*Fusarium*-sienten aiheuttamien ituvioletuksien ja punahomeen oireiden vakavuus riippuu *Fusarium*-lajista, isäntäkasvin lajikkeesta, vuodesta sekä ympäristötekijöistä, erityisesti lämpötilasta ja kosteudesta (Parry ym. 1995; Rossi ym. 2001; Doohan ym. 2003). Kauralla punahomeen oireet ovat melkein huomaamattomia verrattuna vehnään ja ohraan (Mäkelä ja Parikka 1980; Diamond ja Cooke 1999). Alhaisessa *Fusarium*-tautipaineessa tai heikosti patogeenisen *Fusarium*-lajin tartuttamalla kauralla ei näykään tyypillisiä punahomeen oireita (Henriksen ja Elen 2005).



Punahomeen oireet voivat Parryn ym. (1995) mukaan näkyä vetisinä ruskeina laikkuina viljojen kaleissa tai tähkien tyvessä, joissa voi myös kasvaa vaaleanpunaista sienirihmastoa. *F. langsethiae* -tartunnan oireita kauralla ovat värivioitukset sekä epämuodostuneet, nekroottiset ja kloroottiset alueet (Imathiu ym. 2009). Imathiun ym. (2010) tutkimuksessa *F. langsethiae* ja *F. poae* eivät kuitenkaan olleet merkittäviä orasvaurioiden aiheuttajia kauralla eikä vehnällä. *F. langsethiae* onkin vain heikosti patogeeninen eikä se leviä siemenistä tähkään ja tartuttaa vain vähän, jos ollenkaan, kauran oraiden vegetatiivisia kudoksia (Divon ym. 2012). Orasvaurioita aiheuttavat ensisijaisesti *F. graminearum* ja *F. avenaceum* sekä *F. culmorum*, joka on tuhoisampi vanhemmilla taimilla (Parry ym. 1995; Imathiu ym. 2010). *F. culmorum* (Hysing ja Wiik 2014) ja *F. graminearum* (Gilbert ym. 2003) voivat myös vähentää orastumista ja versojen määrää kauralla ja vehnällä. Eniten punahometta tähkille aiheuttavat lajit ovat *F. graminearum*, *F. culmorum* ja *F. avenaceum* (Bottalico ja Perrone 2002) sekä *Monographella nivalis*, *M. majus* ja *F. poae* (Xu ja Nicholson 2009). Tärkeimmät tyvitauteja aiheuttavat lajit Suomessa ovat *F. avenaceum* ja *F. culmorum* (Mäkelä ja Parikka 1980; Jalli ja Parikka 2012).

*Fusarium*-tartunnalle altuin kasvuvaihe kauralla tähkän esilletulon jälkeen on kukinta, minkä jälkeen alttius vähenee kasvukauden edetessä (Tekle ym. 2012; Xue ym. 2015). Sääolosuhteet ovat siis erittäin kriittisiä *Fusarium*-tartuntariskin ja siten hometoksiinien tuoton kannalta kukinnan aikaan (Hietaniemi ym. 2016). Suuri sademäärä ja korkea ilmakeuhkus kukintaa ennen ja sen aikana vaikuttavat suuresti *Fusarium*-tartunnan määrään ja *Fusarium*-lajistoon (Czaban ym. 2015). Myös loppukesän lämpötilat ja kosteus vaikuttavat hometoksiinien muodostumiseen ja esimerkiksi DON-riski on korkeampi lämpimissä ja kosteissa olosuhteissa (Rautala ym. 2008). Kuivat ja lämpimät olosuhteet taas sopivat paremmin T-2- ja HT-2-toksiineja tuottaville lajeille.

*Fusarium*-lajien virulenssi (oireiden voimakkuus ja sadon alentaminen) vaihtelee suuresti. Sadon määrän ja laadun kannalta on siis merkittävää, mitä *Fusarium*-lajeja siemenissä ja versoissa kasvaa, koska *Fusarium*-lajien virulenssi vaihtelee. *Fusarium*-lajien patogeenisuuseroista on erilaisia tuloksia, mutta *F. graminearum* ja *F. culmorum* luokitellaan usein aggressiivisemmiksi eli enemmän vioituksia aiheuttaviksi *Fusarium*-lajeiksi kuin *F. avenaceum*, *F. equiseti*, *F. poae* (Fernandez ja Chen 2005) ja *F. sporotrichioides* (Sinha ja Bhatnagar 1998). Esimerkiksi Brownen ja Cookin (2005b)

tutkimuksessa *F. graminearum* ja *F. avenaceum* olivat kuitenkin aggressiivisempia kuin *F. culmorum* ja *F. poae*. Samankin lajin eri kantojen välillä voi olla huomattavia eroja patogeenisuudessa (Asran ja Eraky Amal 2011). Kasvuolosuhteiden lämpötilat vaikuttavat patogeenisuuteen, sillä *Fusarium*-lajit ovat virulentimpia korkeammissa lämpötiloissa (25–30 °C) kuin kylmissä (5–10 °C) (Rossi ym. 2001; Imathiu ym. 2010). Myös hometoksiinien tuotto vaikuttaa patogeenisuuteen, sillä ainakin trikotekeenien tuotto lisää *Fusarium*-tartunnan aggressiivisuutta viljoilla alentamalla itävyyttä ja aiheuttamalla juurivioituksia (Wang ym. 2006).

### 3.3.2 Hometoksiinit

*Fusarium*-sienet ovat tärkeimpiä toksineja tuottavia homeita viljoilla pohjoisessa lauhkeilla vyöhykkeillä (Rautala ym. 2008; Parikka ym. 2014). Monet *Fusarium*-lajit tuottavat hometoksiineja, jotka alentavat jyvien laatua ja vähentävät niiden soveltuvuutta ruoaksi ja rehuksi (Hofgaard ym. 2016a). Yleisimpiä *Fusarium*-toksiineja ovat deoksinivalenoli (DON), zearalenoni (ZON), nivalenoli (NIV) sekä T-2- ja HT-2-toksiinit (Rautala ym. 2008) (Taulukko 1). Trikotekeenit, joista yleisimmät ovat tyyppiä A, kuten T-2- ja HT-2-toksiinit, tai B, kuten NIV, ovat suurin *Fusarium*-toksiiniryhmä viljoilla Pohjois-Euroopassa (Fredlund ym. 2010). *Fusarium*-lajit voivat myös tuottaa muita toksineja, kuten enniatiini (ENN), moniliformiini (MON) ja antibiootti Y -toksiineja, joita *F. avenaceum* ja *F. tricinctum* tuottavat (Kokkonen ym. 2010). Näiden toksiinien vaikutuksia ei ole kuitenkaan tutkittu yhtä paljon, vaikka ne saattavat johtaa kroonisiin terveysongelmiin ihmisillä ja eläimillä (Xue ym. 2015). Esimerkiksi enniatiinin sytotoksisuus saattaa olla aliarvioitu (Ivanova ym. 2006).

Taulukko 1. *Fusarium*-lajien tuottamat haitallisimmat hometoksiinit. Lihavoinnilla kirjoitetut toksiinit kertovat kyseisen lajin olevan sen toksiinin suurin tuottaja. AcDON = monoasetyyliideoksinivalenolit, ANT Y = antibiootti Y, BEA = beauverisiini, DAS = diasetoksyskirpenoli, DON = deoksinivalenoli, ENN = enniatiini, FUS = fusarenoni-X (4-asetyyli-NIV), HT-2 = HT-2-toksiini, MON = moniliformiini, NEO = neosolanioli, NIV, nivalenoli, T-2 = T2-toksiini, ZOH = zearalenolit, ZON = zearalenoni (muokattu lähteistä Bottalico ja Perrone 2002; Kokkonen ym. 2010).

<i>Fusarium</i> -lajit	Toksiini
<i>F. avenaeum</i>	ENN, MON, ANT Y
<i>F. culmorum</i>	DON, ZON, ZOH, NIV, AcDON
<i>F. equiseti</i>	DAS, ZON, ZOH
<i>F. graminearum</i>	<b>DON</b> , ZON, NIV, FUS, AcDON
<i>F. langsethiae</i>	<b>T-2, HT-2</b> , DAS, NEO
<i>F. poae</i>	<b>NIV</b> , BEA, DAS, FUS, ENN
<i>F. sporotrichioides</i>	<b>T-2, HT-2</b> , DAS, NEO, BEA
<i>F. tricinctum</i>	ENN, MON, ANT Y

Suomessa DON-, T-2- ja HT-2-toksiinien määrät ovat nousseet vuosien 2005–2014 aikana (Hietaniemi ym. 2016) ja korkeimmat T-2- ja HT-2-toksiinimäärät on löydetty kauralta (Yli-Mattila ym. 2008). *F. graminearum* on suurin DON-toksiinin tuottaja kauralla, ohralla ja kevätvehnällä Suomessa (Yli-Mattila ym. 2008) ja Norjassa (Sundheim ym. 2013; Hofgaard ym. 2016a). *F. poae* on NIV-toksiinin merkittävin tuottaja ja *F. langsethiae* ja *F. sporotrichioides* ovat T-2- ja HT-2-toksiinien merkittävimpiä tuottajia (Salas ym. 1999; Jestoi ym. 2004; Thrane ym. 2004). *F. langsethiae* on Norjassa viljoilla, erityisesti kauralla, suurin T-2- ja HT-2-toksiinien tuottaja (Uhlig ym. 2007; Hofgaard ym. 2016a). *F. graminearum* ja *F. culmorum* tuottavat ZON-toksiinia (Hofgaard ym. 2016a). Hofgaard ym. (2016a) tutkimuksessa *F. avenaceum* tuotti ENN-B- ja MON-toksiineja kauralla ja vehnällä ja *F. poae* beauverisiini-toksiinia (BEA). Fredlundin ym. (2013) tutkimuksessa DON, NIV, BEA ja ENN olivat yleisimmät toksiinit kauralla. Isäntäkasvilajien välillä on havaittu eroja T-2- ja HT-2-toksiinien tuotossa, mutta ei kuitenkaan lajikkeiden välillä (Parikka ym. 2014).

Ympäristötekijät vaikuttavat merkittävästi hometoksiinien tuottoon (Doohan ym. 2003; Jestoi ym. 2004). *F. sporotrichioides* ja *F. langsethiae* tuottavat toksiineja eniten suhteellisen kosteissa ja viileissä olosuhteissa, kun taas suhteellisen kuivat ja leudot lämpötilat suosivat *F. graminearum* ja *F. culmorum* -lajien toksiinien tuottoa (Kokkonen ym. 2010). Kokkonen ym. (2010) tutkimuksessa ympäristöolot eivät kuitenkaan vaikuttaneet kaikkien *F. avenaceum* ja *F. tricinctum* -kantojen toksiinien tuottoon vaan näillä lajeilla olosuhteiden vaikutus oli kanta- ja toksiinikohtaista. *Fusarium*-lajien eri kannat voivat myös tuottaa eri toksiineja (Kokkonen ym. 2010). Vaikka sääolot eivät suosisikaan *Fusarium*-sienten kasvua, T-2- ja HT-2-toksiineja voi silti esiintyä yleisesti kasvukaudella (Parikka ym. 2014).

### 3.4 Torjuntamenetelmät

Terveiden ja peitattujen viljan siementen kylväminen on tehokas tapa torjua *Fusarium*-tartuntaa, vaikka peittausaineet tehoavat ainoastaan viljelyn alkuvaiheilla, sillä *Fusarium*-lajit säilyvät hyvin kylvösiemenessä (Scherin ym. 2013; Parikka ym. 2014). Peittauksen lisäksi kauralla *Fusarium*-sienten aiheuttamia orasvioletuksia voi torjua tehokkaasti kuorimalla siemenet (Tekle ym. 2013). Lähtökohtaisesti terveen siemenen peittauksesta ei ole suurta hyötyä, mutta peittaus voi tehoata siemenenerillä, joilla on korkea tautipaine (Hysing ja Wiik 2014). Korkeassa tautipaineessa peittauksen onkin todettu lisäävän kasvutiheyttä (May ym. 2010). Alhaisissa ja kohtalaisissa tautipaineissa kylvömäärää kannattaa puolestaan kasvattaa, jotta tarpeeksi moni siemen itää hyvin ja pystyy tuottamaan satoa (May ym. 2010; Hysing ja Wiik 2014). Myös oikean tehoaineen valinta on oleellista. Fernandez ym. (2009) mukaan esimerkiksi peittausaineet, joiden tehoaineita ovat difenokonatsoli, tritikonatsoli ja fludioksoniili, parantavat itävyyttä vehnällä.

Toksiinia tuottavat *Fusarium*-sienet säilyvät hyvin oljessa ja sängessä, joten viljelykierto, muokkaus ja kasvijätteiden poisto pellolta ovat tärkeitä ennaltaehkäiseviä viljelymenetelmiä tartunnan vähentämiseksi (Parikka ym. 2014; Scherin ym. 2013). Viljelykierron tulee olla tarpeeksi pitkä, jotta maassa ja kasvijätteessä selviävä *Fusarium*-sieni menettäisi elinvoimansa. *F. graminearum* selviää ainakin 24 kuukautta vehnän siemenissä sekä maanpinnalla että haudattuna 5 cm ja 10 cm syvyyteen maahan Kanadassa (Inch ja Gilbert 2003), joten viljelykierron tulisi kestää ainakin yli kaksi

vuotta. Czabanin ym. (2015) tutkimuksessa viljelykierrossa olevat kasvit vaikuttivat esiintyvään *Fusarium*-lajistoon, mutta viljelykierrolla ei ollut vaikutusta tartunnan määrään. *Fusarium*-sienten vaihtoehtoisten isäntien, kuten heinien ja leveälehtisten rikkaruohojen, torjunnasta tulisi huolehtia, jotta ne eivät edesauttaisi *Fusarium*-sienten leviämistä (Parry ym. 1995). Lisäksi hyvän kenttäkestävyyden omaavien lajikkeiden viljely toimii ennaltaehkäisevänä torjuntana punahomeelle ja hometoksiinien tuotolle (Imathiu ym. 2009). Myös sadon kuivauksella heti sadonkorjuun jälkeen (alle 14 % kosteuteen) voidaan estää hometoksiinien tuottoa (Ylimäki ym. 1979).

Kasvustoruisikutusten tehokkuudesta *Fusarium*-sieniä vastaan on ristiriitaisia tuloksia, mikä voi johtua torjuntaruiskutuksen ajankohdasta sekä muista eroista koejärjestelyissä (Henriksen ja Elen 2005). Väärin valittu torjunta-aine saattaa jopa lisätä *Fusarium*-tartuntaa. Henriksenin ja Elenin (2005) mukaan propikonatsolilla käsitellyillä kauroilla *Fusarium*-tartunnan määrä kasvoi, mikä saattoi johtua siitä, että aikainen torjunta-ainekäsittely torjui muita saprofyyttisiä sieniä siemenissä ja antoi näin *Fusarium*-sienille kilpailuedun. Parikan ym. (2014) tutkimuksessa kasvukauden aikana tehdyllä torjuntaruiskutuksella (tehoaineet trifloksistrobiini ja protiokonatsoli) ei saatu vähennettyä *F. langsethiae* -tartuntaa kauralla ja peittauksellakin (tehoaine fludioksoniili) oli vaikutusta vain itämisen aikana. *Fusarium*-sienten torjunnalla ei myöskään ollut merkitystä T-2- ja HT-2-toksiinien esiintymiseen, vaikka sillä saatiin vähennettyä *F. sporotrichioides* -tartuntaa (Parikka ym. 2014). Osa torjunta-aineista kuitenkin tehoaa hyvin, sillä useat fungisidit, joista suurin osa kuuluu atsoli- (bromukonatsoli, metkonatsoli, prokloratsi, propikonatsoli, protiokonatsoli ja tebukonatsoli) ja strobiiniluokkiin (atsoksystrobiini), pystyvät torjumaan tähkäfusarioosia jopa 50-prosenttisesti pellolla ja alentamaan hometoksiinien määrää jyvissä erityisesti alhaisessa tautipaineessa vehnällä (Chala ym. 2003; Menniti ym. 2003; Paul ym. 2008). Peittausaineilla voidaan myös vähentää maalevintäisiä *Fusarium*-tartuntoja ainakin kasvihuoneolosuhteissa (Jørgensen ym. 2012).

## 4 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Tässä tutkimuksessa selvitettiin *Fusarium*-sienten ja peittauksen vaikutuksia kauran siementen itämiskykyyn eri näkökulmista. Tavoitteena oli selvittää, vähentääkö peittaus *Fusarium*-sienten ja homevioletusten määrää kauran siemenillä ja parantaako peittaus

siten kauran itävyyttä. Siemenerissä esiintyvien *Fusarium*-sienten oletettiin aiheuttavan vioituksia kauran siemenille ja alentavan niiden itävyyttä. Lisäksi selvitettiin, oliko peittausaineiden tehoissa eroja. Tutkittiin myös, oliko kauralajikkeiden taudinkestävyyksissä *Fusarium*-tartuntaa vastaan eroja laboratorio-olosuhteissa. Tavoitteena oli selvittää Eviran idätyskokeiden tulospaineistosta, minkälaista vaihtelua kauralajikkeiden itävyyksissä ja homevioitusten määrissä esiintyi eri kasvukausina ja maantieteellisillä alueilla. Tavoitteena oli lisäksi selvittää, onko idätysmenetelmällä vaikutusta kauran itävyyteen ja sen siemenissä esiintyviin homevioituksiin. Tutkittiin, aiheuttaako idätys paperilla erilaisen tuloksen siementen itävyydestä ja vioitusherkkyydestä verrattuna hiekkaidätykseen.

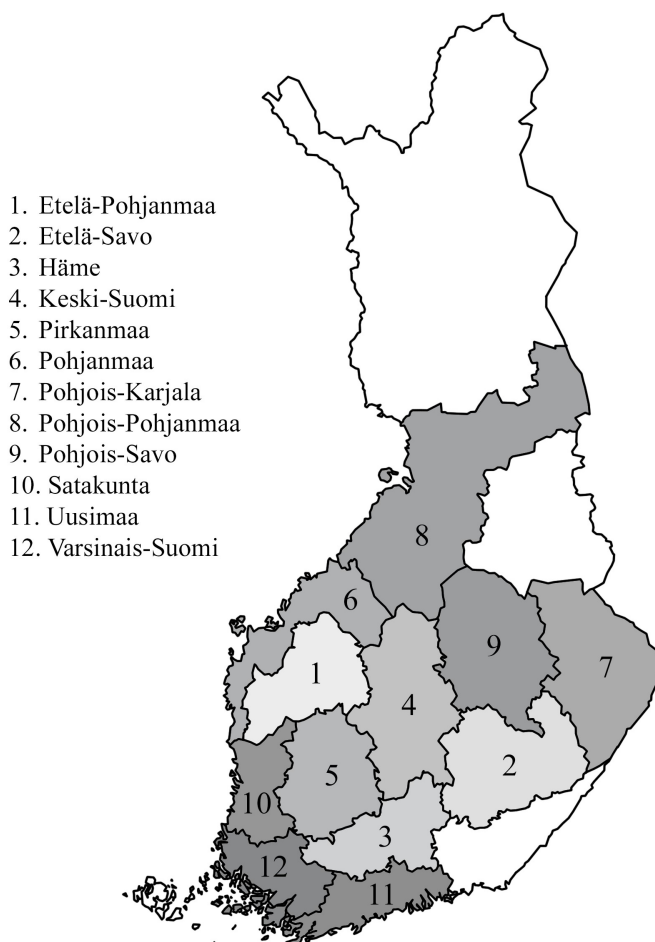
## 5 AINEISTO JA MENETELMÄT

### 5.1 Itävyys ja homevioitukset eri kauralajikkeilla kasvukausina 2012–2014 idätyskokeiden tulospaineistossa

Eviran siemenlaboratoriossa analysoidaan Suomen markkinoille tarkoitettavien viljansiementen itämiskykyä. Tästä syntyvään idätyskokeiden tulospaineistoon kuuluu siementen sertifiointia varten tarkastettujen näytteiden lisäksi oman tilan siemeneksi käytettyjä siemeneriä, joiden laadun viljelijät ovat halunneet analysoidavan, sekä pakkaamoiden raakaeränäytteitä. Siementen idätyskokeet tehdään ISTA:n (International Seed Testing Association) standardiohjeiden mukaan paperilla (ISTA 2015). Myös idätys hiekassa on ISTA:n hyväksymä menetelmä. Näytteistä lasketaan idätyksen jälkeen itävyysprosentti, joka kertoo normaalisti itäneiden siemenien osuuden. Näytteistä lasketaan myös vaillinaisesti itäneiden ja kuolleiden siemenien määrät. Lisäksi näytteistä kirjataan ylös siemenissä mahdollisesti esiintyvät vioitukset, kuten homevioitukset.

Tähän tutkimukseen Eviran itävyystulospaineistosta hyödynnettiin näytteitä kauralta kolmelta kasvukaudelta (2012, 2013 ja 2014). Koko aineistosta tutkittiin yleisesti peittauksen, kasvukausien, maantieteellisten alueiden ja homevioitusten määrän vaikutusta kauralajikkeiden itävyyksiin. Näiden tekijöiden yhdysvaikutusten tarkempaan analysoimiseen aineistosta rajattiin pieni osajoukko. Näytteitä käsiteltiin maantieteellisesti alueittain siten, että kunkin ELY-keskuksen alueella sijaitsevat kunnat muodostavat yhden alueen, joka nimettiin sitä hallinnoivan ELY-keskuksen mukaan.

(Kuva 1). Koko aineistossa oli mukana sekä peitattuja että peittaamattomia näytteitä, 15 lajiketta (Akseli, Belinda, Bettina, Eemeli, Fiia, Iris, Marika, Peppi, Riina, Ringsaker, Rocky, Roope, Steinar, Venla ja Viviana) ja näytteitä 12 maantieteelliseltä alueelta (Etelä-Pohjanmaa, Etelä-Savo, Häme, Keski-Suomi, Pirkanmaa, Pohjanmaa, Pohjois-Karjala, Pohjois-Pohjanmaa, Pohjois-Savo, Satakunta, Uusimaa ja Varsinais-Suomi) (Liite 1, taulukko 1). Siemennäytteillä käytetyt peittausaineet olivat Baytan Universal FS 094 (Triadimenoli 75 g/l, Imatsaliili 10 g/l ja Fuberidatsoli 9 g/l), Cedomon (*Pseudomonas chlororaphis* -bakteeri), Celest Formula M (Fludioksoniili 25 g/l), Fungazil A 25 (Imatsaliili 25 g/l), Fungazil E (Imatsaliili 25 g/l), Lamardor FS 400 (Protiokonatsoli 250 g/l ja Tebukonatsoli 150 g/l) ja Zardex G (Imatsaliili 20 g/l ja Syprokonatsoli 5 g/l). Osa peitatuista siemennäytteistä oli peitattu jo keväällä, mutta osa peitattiin siementarkastusyksikössä hieman ennen idätyskoetta.



Kuva 1. Itävyystulosaineiston maantieteelliset alueet (muokattu lähteestä ELY 2013).

Peittauksen, lajikkeiden, maantieteellisten alueiden ja kausien yhdysvaikutukset itävyyteen ja homevioitusten esiintymiseen selvitettiin itävyystulosaineiston osajoukosta, jossa jokaisesta siemenerästä oli idätetty sekä peitattu että peittaamaton näyte. Tähän osajoukkoon valittiin koko aineistosta näytteitä yhdeksältä maantieteelliseltä alueelta (Etelä-Pohjanmaa, Etelä-Savo, Häme, Keski-Suomi, Pohjanmaa, Pohjois-Pohjanmaa, Pohjois-Savo, Satakunta ja Varsinais-Suomi) ja neljältä lajikkeelta (Akseli, Marika, Peppi ja Rocky) kaikilta kolmelta kasvukaudelta (2012, 2013 ja 2014) (Liite 1, taulukko 2). Nämä lajikkeet valittiin tutkittavaksi tähän osajoukkoon, koska niillä saatiin kattava otos näytteitä eri maantieteellisiltä alueilta. Akseli-lajiketta viljeltiin paljon kaikilla maantieteellisillä alueilla Pohjois-Pohjanmaata lukuun ottamatta ja sillä oli näytteitä kaikista tässä aineistossa esiintyvistä peittausaineista. Rocky edusti Suomen eteläisimpiä alueita ja Peppi Keski- ja Itä-Suomea. Sekä Rocky- että Peppi-lajikkeilla oli näytteitä kaikista peittauskäsittelyistä. Marika puolestaan edusti Suomen pohjoisempia alueita ja sillä oli mukana pääosin vain peittaamattomia ja Lamardor FS 400 -peitattuja eriä.

Tilastolliset analyysit tehtiin SPSS-ohjelmistolla (versio 22, IBM Inc., Chicago, IL, USA). Idätyskokeiden tulosaineistosta analysoitiin, oliko normaalisti ja vaillinaisesti itäneiden, kuolleiden ja homevioittuneiden siemenien esiintymisfrekvenssit erilaisia eri kasvukausilla, eri maantieteellisillä alueilla, eri lajikkeilla sekä peitattujen että peittaamattomien näyte-erien välillä. Lisäksi tutkittiin edellä mainittujen tekijöiden tilastollista riippuvuutta toisistaan itävyystulosaineiston tarkempaan analyysiin valituilla neljällä lajikkeella. Näiden tekijöiden vaikutusta itävyysluokkiin analysoitiin ordinaalisen logistisen regressioanalyysimallin mukaan, joka ennustaa kumulatiivisesti vedonlyöntisuhteiden avulla, millä todennäköisyyksillä siemenet jakautuivat itävyysluokkiin näiden tekijöiden vaikutusten alaisina. Kasvukaudet, maantieteelliset alueet, lajikkeet ja peittauskäsittely olivat selittäviä tekijöitä ja näytteiden idätyskokeen tulokset selitettäviä tekijöitä. Näiden tekijöiden vaikutusta homevioitusten esiintymiseen puolestaan analysoitiin binaarisen logistisen regressioanalyysimallin mukaan, joka ennustaa vedonlyöntisuhteiden avulla, millä todennäköisyydellä homevioituksia keskimäärin esiintyi näiden tekijöiden vaikutusten alaisina. Kasvukaudet, maantieteelliset alueet, lajikkeet ja peittauskäsittely olivat selittäviä tekijöitä ja homevioitusten esiintyminen selitettävä tekijä.



## 5.2 Peittauksen ja idätysmenetelmien vaikutukset eritasoisia hometartuntoja kantavien näytteiden itävyyteen, homevioituksiin ja *Fusarium*-lajien määriin

### 5.2.1 Tutkitut siemenerät ja peittauskäsittelyt

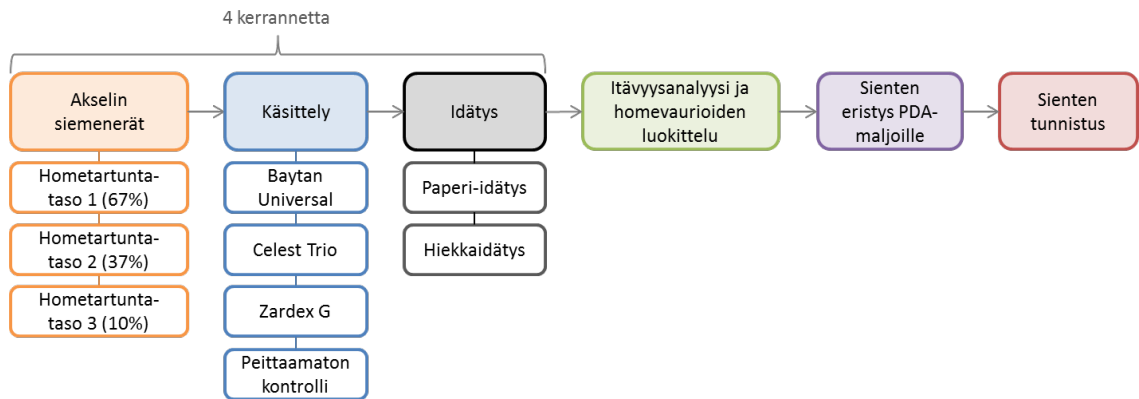
Peittausaineiden tehoja eritasoisten hometartuntoja kantavien siemenerien itävyyden parantamiseen selvitettiin kolmella kauran Akseli-lajikkeen siemenerällä. Näissä siemenerissä oli aikaisempien Eviran idätyskokeiden mukaan esiintynyt homevioituksia. Siemenerien hometartuntatasot selvitettiin laskemalla vesiagarmaljoilla 7 päivää olleilla siemenillä esiintyvien valkoisten homerihmastojen määrät. Siemenerien hometartuntatasot olivat: 1. 67 %, 2. 37 % ja 3. 10 % homesieniä. Peittausaineina olivat Baytan Universal (Triadimenoli 75 g/l, Imatsaliili 10 g/l ja Fuberidatsoli 9 g/l, Bayer CropScience, Monheim am Rhein, Saksa), Celest Trio (Fludioksoniili 25 g/l, Difenokonatsoli 25 g/l ja Tebukonatsoli 10 g/l, Syngenta, Greensboro, NC, USA) ja Zardex G (Imatsaliili 20 g/l ja Syprokonatsoli 5 g/l, Syngenta, Greensboro, NC, USA). Niitä annosteltiin käyttöohjeiden mukainen määrä 25 g siemeniä kohti nestepeittauslaitteessa (Hege 11, HEGE, Waldenburg, Saksa) (Taulukko 2). Steriiliä vettä lisättiin kontrollina 50 µl 25 g siemeniä kohti.

Taulukko 2. Peittausaineiden tehoaineet ja peittausmäärät

Peittausaineet	Tehoaineet	µl per 25g siemeniä
Baytan Universal (BU)	Triadimenoli 75 g/l	75
	Imatsaliili 10 g/l	
	Fuberidatsoli 9 g/l	
Celest Trio (CT)	Fludioksoniili 25 g/l	50
	Difenokonatsoli 25g/l	
	Tebukonatsoli 10 g/l	
Zardex G (ZG)	Syprokonatsoli 5 g/l	62
	Imatsaliili 20 g/l	

### 5.2.2 Kokeen toteutus

Akselin kolme eritasoisia hometartuntoja kantavaa siemenerää käsiteltiin jokaisella peittausaineella sekä steriilillä vedellä (Kuva 2). Eri tartuntatasoiset siemenerät ja niiden käsittelyt jaettiin satunnaiseen järjestykseen, minkä jälkeen ne peitattiin ja idätettiin sekä paperilla että hiekalla kahdessa erässä peräkkäisinä päivinä. Koe toteutettiin neljällä kerranteella.



Kuva 2. Koekaavio peittauksen ja idätysmenetelmien vaikutusten analysoimisesta eritasoisten hometartuntoja kantavien näytteiden itävyyteen, homevioituksiin ja *Fusarium*-lajien määriin.

Siemenet idätettiin idätyspaperilla ja hiekassa ISTA:n (International Seed Testing Association) standardiohjeiden mukaan (ISTA 2015). Paperi-idätyksessä 100 siementä laitettiin itämään kosteiden itämispaperien (1750 suodatinpaperi (eränumero 2837) ja 1755 PE-pinnoitettu paperi (eränumero 1350), Ahlstrom Munktel, Falun, Ruotsi) väliin. Nämä rullattiin ja laitettiin yksittäin muovipusseihin. Niitä pidettiin pimeässä 4 vuorokautta +10 °C:ssa, minkä jälkeen ne olivat 3 vuorokautta +20 °C:ssa (12 h valoa, 12 h pimeää) ennen analysointia. Hiekkaidätyksessä 100 siementä laitettiin itämään kostealla hiekalla (kuumennettu suodatinhiekkä, keskiraekoko 0,39 mm) täytettyyn muovipurkkiin. Muovipusseihin laitetut purkit olivat pimeässä 4 vuorokautta +10°C:ssa, minkä jälkeen ne olivat 6 vuorokautta +20 °C:ssa (12 h valoa, 12 h pimeää) ennen analysointia.

Siemenistä laskettiin itävyysprosentit paperi- ja hiekkaidätyksissä ISTA:n ohjeiden mukaisesti (ISTA 2015). Itävyysprosentti lasketaan normaalisti itäneiden siementen määrästä. Lisäksi lasketaan vaillinaisesti itäneiden ja kuolleiden siemenien määrät. Samalla siemenet luokiteltiin vaurioluokkiin A–I niissä esiintyvien homevioitusten

perusteella (Taulukko 3). Normaalisti itäneet siemenet luokiteltiin luokkiin A–D, vaillinaisesti itäneet luokkiin A–E ja kuolleet luokkiin F–I.

Taulukko 3. Siementen vaurioluokitus (muokattu lähteistä Fernandez ja Chen 2005; Jørgensen et. al. 2012, joiden luokitukset on tehty kevät- ja syysvehnälle).

Luokka	Ominaisuus
A	ei homevioitusta
B	juuret ruskeita/punertavia, < 25 % alasta
C	pieniä laikkuja koleoptiileissa, < 25 % alasta
D	keskinkertaiset oireet koleoptiileissa ja/tai juurissa 25–50 % alasta
E	rajut oireet koleoptiileissa ja/tai juurissa > 50 % alasta
F	kuolleet pehmeät
G	kuolleet homeiset ( <i>Fusarium</i> -rihmastoa siemenen ympäristössä)
H	kuolleet homeiset ( <i>Fusarium</i> -rihmastoa siemenen pinnalla)
I	kuolleet homeiset (muuta sienirihmastoa siemenen pinnalla)

Paperi-idätyksen jälkeen jokaisesta näytteestä eli paperirullasta siirrettiin viisi siementä PDA (Potato Dextrose Agar, eränumero 5056836, Becton Dickinson and Company, Sparks, MD, USA) + streptomysiini (160 mg/l) (eränumero SLBL3360V, Sigma-Aldrich Co, St. Louis, MO, USA) maljoille. Nämä viisi siementä valittiin luokista G, H, E ja/tai D. Yhdeksän päivän jälkeen maljoilla kasvavat sienet luokiteltiin morfologisiin luokkiin (A–Q sekä Z, Liite 2, taulukko 1) niiden kasvutavan sekä rihmaston värin ja määrän mukaan. Jokaisesta luokasta siirrostettiin pari puhtasviljelmää PDA + streptomysiini (160 mg/l) maljoille, joista *Fusarium*-lajit tunnistettiin 10 päivän jälkeen sienirihmastojen kasvutavan, kasvualustaan muodostuvien pigmenttien ja mikroskooppisten rakenteiden avulla. Tunnistus tehtiin Gerlach ja Nierenberg (1982) kriteerien mukaan.

Aineistosta tutkittiin, oliko normaalisti ja vaillinaisesti itäneiden, kuolleiden ja eri vaurioluokkiin luokiteltujen siementen esiintymisfrekvensseissä tilastollisesti merkitseviä eroja tartuntatasoltaan erilaisten siemenerien välillä. Lisäksi selvitettiin, vaikuttivatko peittauskäsittelyt tilastollisesti merkitsevästi eri vaurioluokkien esiintymisfrekvensseihin ja vaikuttivatko peittauskäsittelyt samansuuntaisesti tartuntatasoltaan erilaisissa siemenerissä. Peittauskäsittelyn, idätysmenetelmien ja

siemenerien vaikutusta itävyys- ja niiden vaurioluokkiin analysoitiin ordinaalisen logistisen regressioanalyysimallin mukaan, joka ennustaa kumulatiivisesti vedonlyöntisuhteiden avulla, millä todennäköisyyksillä siemenet jakautuivat itävyys- ja vaurioluokkiin näiden tekijöiden vaikutusten alaisina. Peittauskäsittely, idätysmenetelmät ja siemenerät olivat selittäviä tekijöitä ja siementen jakautumiset idätys- ja vaurioluokkiin selitettäviä tekijöitä.

### 5.3 *Fusarium culmorum* -sienen patogeenisuus kolmelle kauralajikkeelle

#### 5.3.1 *Fusarium culmorum* -kanta ja kauralajikkeet

Tässä osassa selvitettiin *Fusarium*-tartunnan vaikutusta kauran itämiskykyyn ja sen aiheuttamia vioituksia kolmella eri kauralajikkeella. Tartukkeen *Fusarium*-lajiksi valittiin *Fusarium culmorum* (W.G. Smith) Sacc., koska se kasvaa nopeasti ja tuottaa tehokkaasti makroitiöitä (Scherin ym. 2013), joten siitä saa tehokkaan tartukkeen. *F. culmorum* on myös yleinen *Fusarium*-laji, aiheuttaa kauralla tautioireita ja tuottaa DON- tai NIV-toksiineja riippuen patogeenin kemotyypistä (Scherin ym. 2013). Prestige-ohralta vuonna 2005 Sotkamosta eristetyn *F. culmorum* -kannan (isolaatti 05015) patogeenisuutta tutkittiin *Fusarium*-alttiilla (Fiia), kestävyydeltään keskinkertaisella (Roope) ja kestäväällä (Venla) kauralajikkeella (Parikka ym. 2009; Parikka ym. 2011). Jokaisesta lajikkeesta käytettiin kolmea eri siemenerää. Kontrollina olleet näytteet käsiteltiin steriilillä vedellä.

Kochin postulaattien mukaan oireita aiheuttava organismi on taudinaiheuttaja, jos oireilevasta isäntäeliöstä eristetty epäillyn taudinaiheuttajan puhdasviljelmä aiheuttaa alkuperäisen kaltaiset oireet keinotartutetussa, alun perin terveessä isännässä ja keinotekoisesti synnetyistä oireista voidaan eristää taudinaiheuttajaksi epäilty organismi (Loeffler 1884; Gradmann 2008). Tässä tutkimuksessa osoitettiin Kochin postulaattien mukaisesti *F. culmorum* -sienen patogeenisuus kolmelle kauralajikkeelle.

*F. culmorum* -puhdasviljelmää siirrostettiin mallasagarmaljoille tarpeeksi suuren itiömäärän tuottamiseksi. Kasvustoja pidettiin kasvatushuoneessa  $22 \pm 4$  °C:ssa 6–7 viikkoa (12h NUV-valoja ja 12h pimeää). Tartukkeen valmistamiseksi *F. culmorum* -maljoille kaadettiin 20 ml steriiliä vettä ja raaputettiin sienirihmasto siirrostuslenkin avulla irti ja kaadettiin dekantterilasiin, johon lisättiin tartukemateriaalia neljästä eri

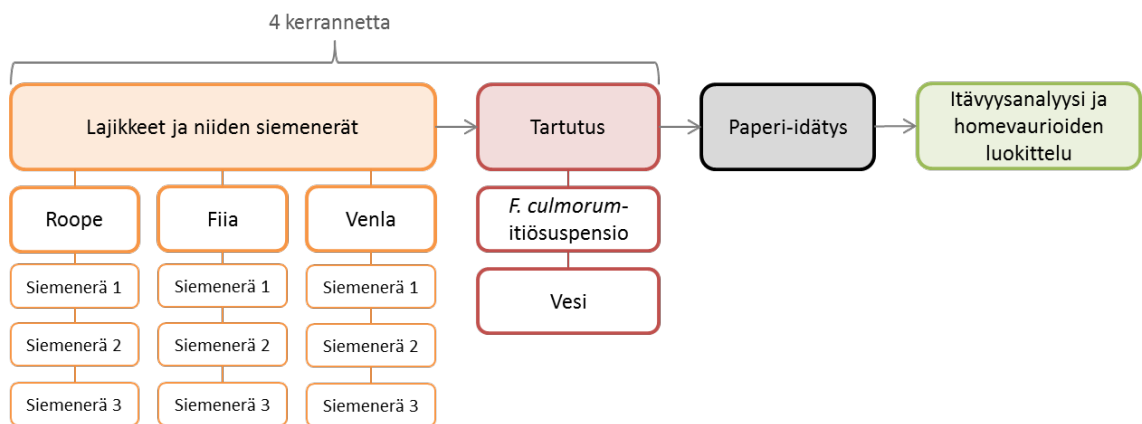
maljasta. Tartukkeen itiömäärä laskettiin mikroskoopin avulla Bürker-laskentakammiosta (Sigma-Aldrich Co, St. Louis, MO, USA) (Kaava 1). *F. culmorum* -sienen itiösuspensio oli  $1,2 \cdot 10^6$  itiötä per ml.

Kaava 1. *F. culmorum* -itiömäärän laskukaava Bürker-laskentakammiosta, jossa pienen ruudun tilavuus on  $0,00025 \text{ mm}^3$  (muokattu lähteestä Mucklow 2013).

$$\text{itiötä/ml} = \frac{\text{itiöiden lkm} \times 1\,000 \text{ mm}^3}{\text{ruutujen lkm} \times 0,00025 \text{ mm}^3} = \frac{\text{itiöiden lukumäärä} \times 4\,000\,000}{\text{ruutujen lukumäärä}}$$

### 5.3.2 Kokeen toteutus

Siemenet pintasteriloitiin liottamalla niitä yhden minuutin ajan 0,6 % NaOCl-liuoksessa (eränumero B0533514, Merck, Darmstadt, Saksa). Tämän jälkeen siemenet huuhdeltiin kahdesti steriilillä vedellä. Sitten jokainen kolmen lajikkeen kolmesta siemenestä tartutettiin liottamalla siemeniä *F. culmorum* -sienen itiösuspensiossa viisi minuuttia ja kuivattamalla niitä sen jälkeen ilmastavassa paikassa vuorokauden ajan. Kontrollina käytettiin steriilissä vedessä viiden minuutin ajan liotettuja siemeniä. Näistä käsittelyistä tehtiin neljä kerrannetta (Kuva 3).



Kuva 3. Koekaavio *F. culmorum* -sienen patogeenisuuden analysoinnista kolmella kauralajikkeella.

Tartutetut siemenet idätettiin kosteiden itämispaperien (1750 suodatinpaperi (eränumero 2837) ja 1755 PE-pinnoitetun paperin (eränumero 1350), Ahlstrom Munktel, Falun, Ruotsi) välissä ISTA:n ohjeiden mukaisesti kolmessa erässä peräkkäisinä päivinä satunnaisessa järjestyksessä (ISTA 2015). Siemenien itävyysprosentit laskettiin ja

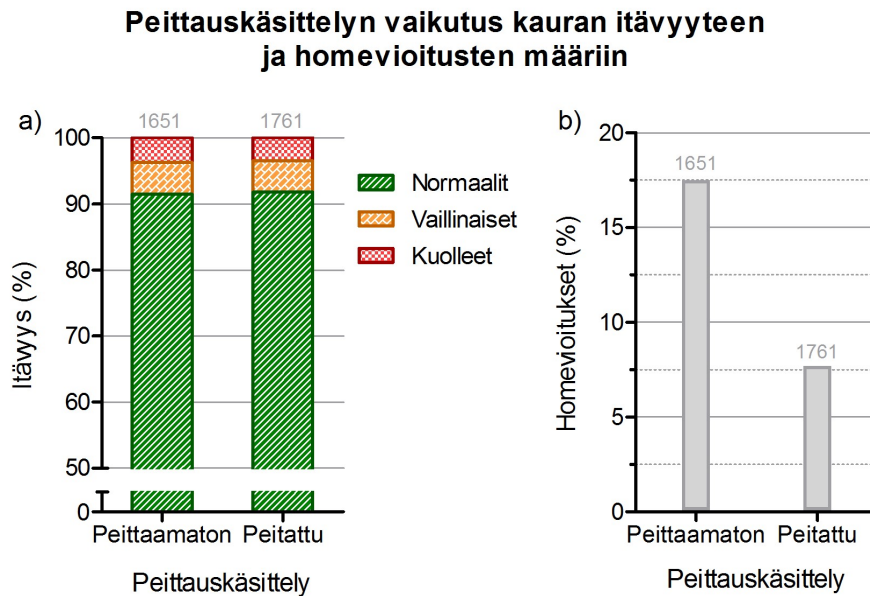
siementen homevioitukset luokiteltiin kuten itävyystestauksessa (Taulukko 3). Näytteistä laskettiin, kuinka monen siemenen pinnalla kasvoi paljain silmin nähtävää *Fusarium*-rihmastoa.

Aineistosta tutkittiin, oliko normaalisti ja vaillinaisesti itäneiden, kuolleiden ja eri vaurioluokkiin luokiteltujen siementen esiintymisfrekvensseissä tilastollisesti merkitseviä eroja lajikkeiden ja tartutuskäsittelyjen välillä. Lisäksi tutkittiin edellä mainittujen tekijöiden tilastollista riippuvuutta toisistaan. Tartutuskäsittelyjen ja lajikkeiden vaikutusta itävyys- ja niiden vaurioluokkiin analysoitiin ordinaalisen logistisen regressioanalyysimallin mukaan, joka ennustaa kumulatiivisesti vedonlyöntisuhteiden avulla, millä todennäköisyyksillä siemenet jakautuivat itävyys- ja vaurioluokkiin näiden tekijöiden vaikutusten alaisina. Peittauskäsittely ja lajikkeet olivat selittäviä tekijöitä ja siementen jakautumiset idätys- ja vaurioluokkiin selitettäviä tekijöitä.

## 6 TULOKSET

### 6.1 Itävyys ja homevioitukset eri kauralajikkeissa 2012–2014

Tarkasteltaessa koko aineistoa, jossa oli mukana kaikki lajikkeet ja maantieteelliset alueet, kauran itävyydessä ja homevioitusten määrissä oli tilastollisesti erittäin merkitseviä eroja ( $p < 0,001$ ) lajikkeiden, kasvukausien, maantieteellisten alueiden ja peittauskäsittelyjen (peitattu – peittaamaton) välillä (Liite 3, taulukko 1). Koko aineiston näytteissä olevista vioituksista suurin osa oli homevioituksia. Pienestä osasta näytteitä löytyi kuumenemisvioituksia. Lisäksi muutamassa näytteessä esiintyi puinti- ja peittausvioituksia sekä vanhalle siemenelle tyypillisiä vioituksia. Peittaus vähensi selvästi homevioitusten esiintymisriskiä sadossa, mutta peittauksen vaikutuksesta itävyyteen tuli ristiriitaisia tuloksia (Kuva 4). Tilastollisen analyysin mukaan peittauskäsittelyllä oli hyvin merkittävä vaikutus itävyyteen, mutta peitatuilla näytteillä itävyys oli keskimäärin vain 0,3 prosenttiyksikön verran korkeampi kuin peittaamattomilla.



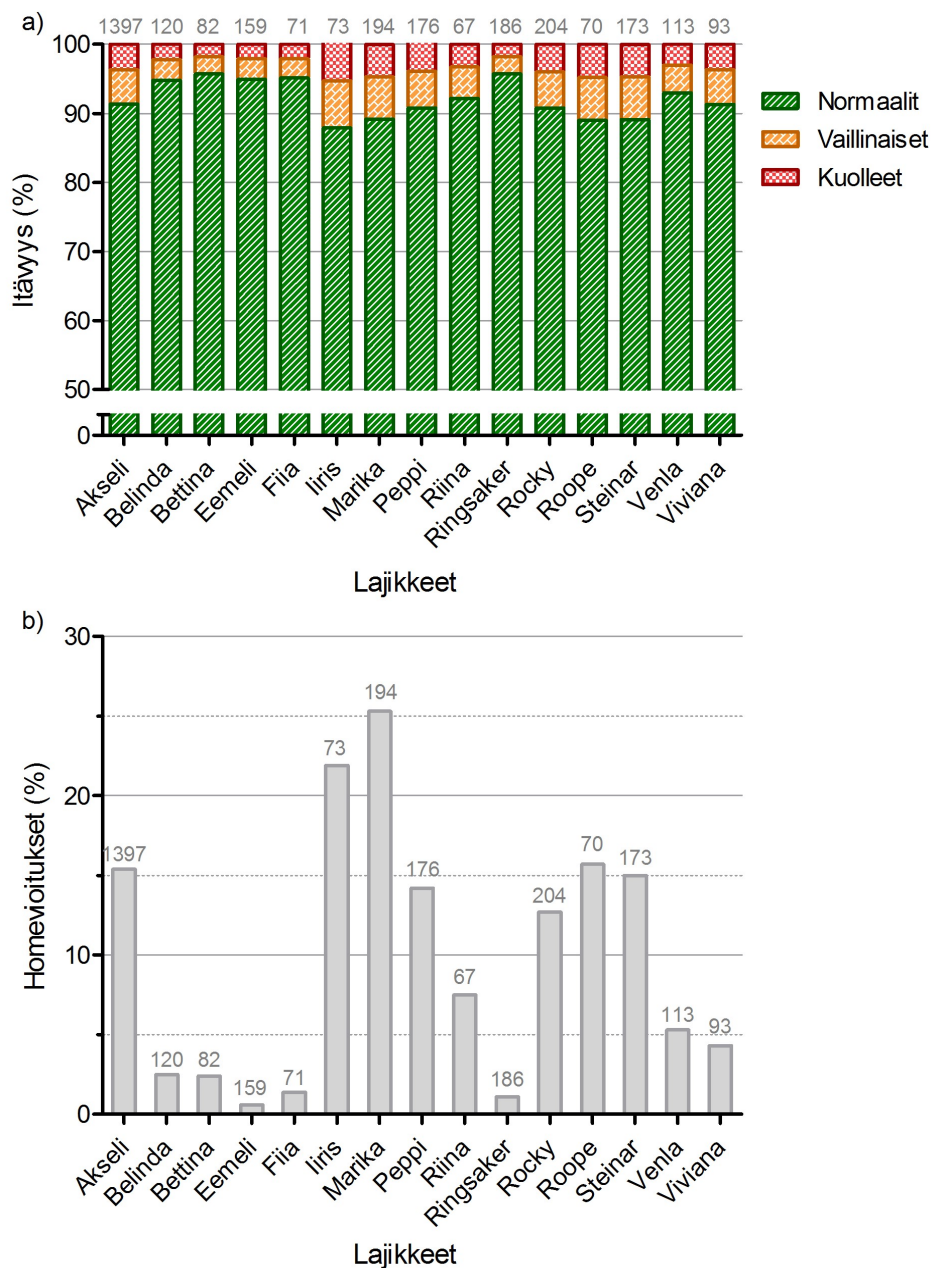
Kuva 4. Peittauskäsittelyn vaikutus kauran a) itävyyteen ja b) homeen vioittamien näytteiden osuuteen kaikissa tutkituissa kauralajikkeissa koko aineistossa. Pylväiden päällä olevat luvut kuvaavat tutkittujen siemenerien määriä.

Kauralajikkeiden itävyyksissä ja niissä esiintyvien homevioitusten runsaudessa oli merkittäviä eroja (Kuva 5). Huonoiten itäneissä siemenerissä oli yleensä eniten homevioituksia. Lajikkeiden väliset itävyyserot olivat kuitenkin prosentuaalisesti paljon pienempiä kuin vastaavat erot homevioitusten runsaudessa. Lajikkeilla Bettina, Ringsaker, Fiia, Eemeli ja Belinda oli parhaimmat itävyysprosentit sekä vähiten homevioituksia. Lajikkeilla Iris, Roope, Steinar ja Marika puolestaan oli alhaisimmat itävyysprosentit ja paljon homevioituksia. Viviana-lajikkeella oli kuitenkin yhtä hyvä itävyysprosentti kuin Akseli-lajikkeella, mutta Akselilla esiintyi huomattavasti enemmän homevioituksia. Rocky-lajikkeellakin itävyysprosentti oli melkein yhtä korkea kuin Viviana-lajikkeella, mutta Rocky-lajikkeella oli enemmän homevioituksia. Venla-lajikkeella taas oli parempi itävyysprosentti kuin Viviana-lajikkeella, mutta enemmän homevioituksia.

Kauraerien itävyydessä oli myös melkoisia eroja maantieteellisten alueiden välillä (Kuva 6a). Niillä alueilla, joilla itävyys oli huonoin, esiintyi myös kaikkein eniten homevioituksia (Kuvat 6a ja 6b). Itävyyserot olivat kuitenkin maantieteellisten alueiden välillä prosentuaalisesti paljon pienempiä kuin vastaavat erot homevioitusten runsaudessa. Satakunnassa itävyysprosentti oli paras. Satakunnan jälkeen korkeimmat itävyysprosentit olivat Hämeessä, Varsinais-Suomessa, Pirkanmaalla ja Uudellamaalla.

Näillä alueilla esiintyi myös vähiten homevioituksia. Pohjois- ja Etelä-Savossa, Keski-Suomessa ja Pohjois-Pohjanmaalla oli puolestaan eniten homevioituksia ja alhaisimmat itävyysprosentit.

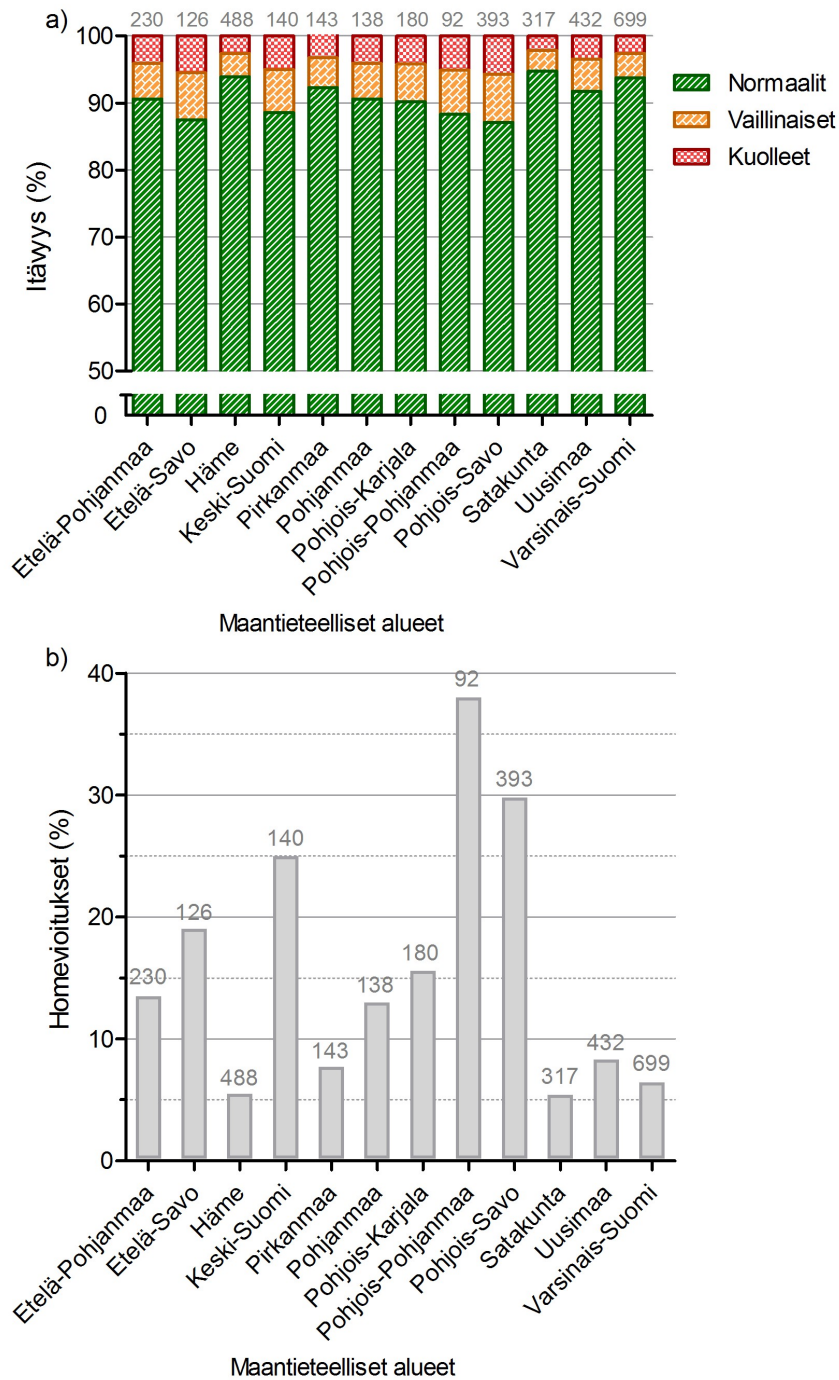
### Kauralajikkeiden itävyys ja homevioitusten yleisyys



Kuva 5. Kauralajikkeiden a) itävyys ja b) homeen vioittamien näytteiden osuus koko aineistossa. Pylväiden päällä olevat luvut kuvaavat tutkittujen siemenerien lukumääriä.

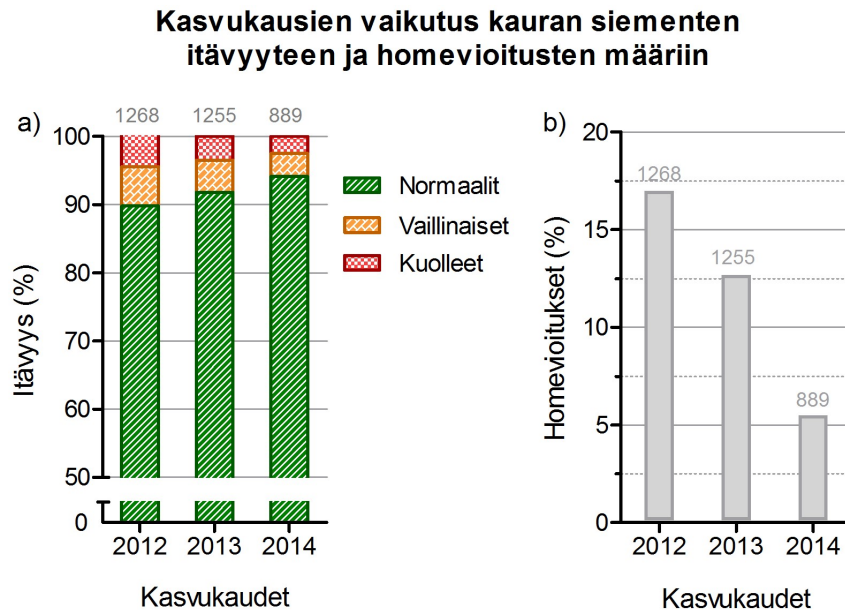


### Kauran siementen itävyys ja homevioitusten yleisyys eri maantieteellisiltä alueilta kerätyissä siemennäytteissä



Kuva 6. Kauran siementen a) itävyys ja b) homevioitusten yleisyys eri maantieteellisiltä alueilta peräisin olevissa siemennäytteissä keskimäärin kaikkina kasvukausina eri lajikkeissa ja peittauskäsittelyissä. Pylväiden yläpuolella olevat luvut kuvaavat tutkittujen siemennäytteiden lukumääriä.

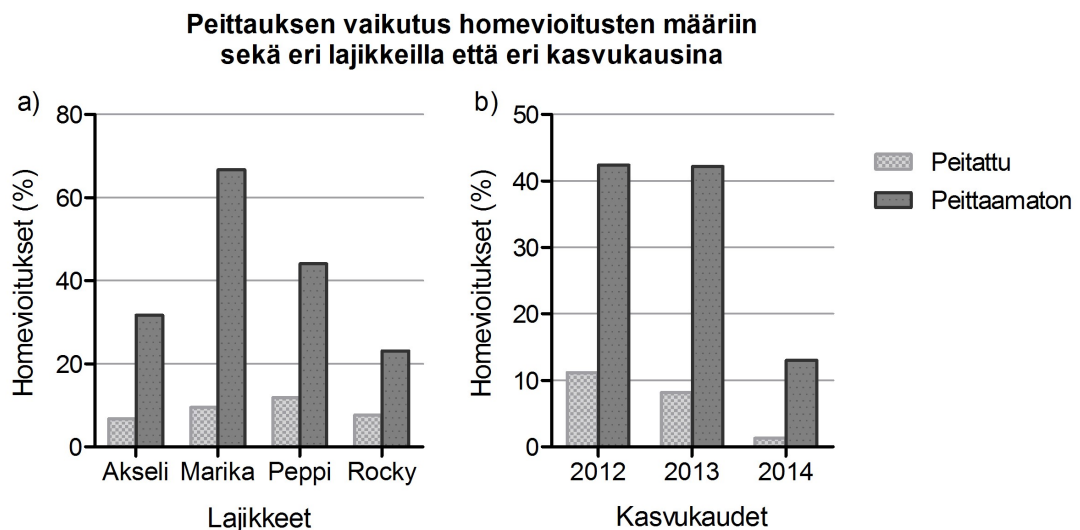
Tutkituissa siemenerissä itävyys vaihteli melkoisesti vuodesta toiseen: keskimääräinen itävyys oli huonoin kasvukaudella 2012 ja paras 2014 (Kuva 7a). Huono itävyys kytkeytyi selvästi homevioitusten runsaaseen esiintymiseen, sillä homevioituksia oli eniten kasvukaudella 2012, jolloin itävyysskin oli huonoin ja vähiten kasvukaudella 2014, jolloin kauralla oli paras itävyys (Kuva 7b). Kauran itävyys oli siis parempi niinä vuosina, jolloin esiintyi vähemmän homevioituksia.



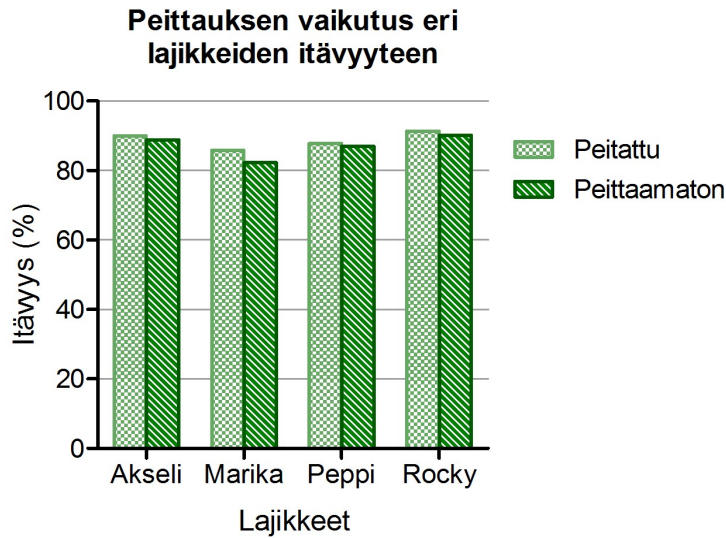
Kuva 7. Kasvukausien vaikutus kauran siementen a) itävyyteen ja b) homevioitusten keksimääräiseen runsauteen kaikissa tutkituissa lajikkeissa eri maantieteellisiltä alueilta peräisin olevilta peitatuilla ja peittaamattomilla siemennäytteillä. Pylväiden yläpuolella olevat luvut kuvaavat tutkittujen siemennäytteiden lukumääriä.

Peittaus, kauralajike, kasvukausi ja siemenviljelyksen maantieteellinen alue vaikuttivat kaikki siementen itävyyteen ja homevioitusten yleisyyteen ( $p < 0,001$  Liite 3, taulukko 2). Aineistosta valittiin neljä lajiketta, joilla oli sekä peittaamattomia että peitattuja siemennäytteitä, yhdeksältä eri maantieteelliseltä alueelta ja kolmen kasvukauden ajalta näiden yhdysvaikutusten tarkempaan tutkiskeluun. Nämä lajikkeet valittiin, koska niiden avulla saatiin kattava otos eri maantieteellisiltä alueilta, joissa kauralla esiintyi eri määriä homevioituksia. Akseli-lajiketta on viljelty laajasti eri maantieteellisillä alueilla, joten voitiin seurata yhden lajikkeen itävyyttä ja homevioitusten yleisyyttä eri olosuhteissa.

Peittaus vähensi homevioitusten esiintymistä huomattavasti kaikilla kasvukausilla kaikilla niillä neljällä lajikkeella, jotka valittiin itävyystulosaineistosta tarkempaan analyysiin (Kuva 8). Homevioitusten määrissä oli suurta vaihtelua sekä kasvukausien että lajikkeiden välillä. Niitä esiintyi vähiten kasvukaudella 2014 ja Rocky-lajikkeella. Vaikka peittaus vähensi homevioitusten esiintymistä huomattavasti, se paransi lajikkeiden itävyyttä vain hieman itävyystulosaineistosta tarkempaan analyysiin valituilla neljällä lajikkeella (Kuva 9). Peittaus paransi itävyyttä keskimäärin lähes yhtä paljon kaikilla lajikkeilla. Suurin ero peitatus ja peittaamattoman siemenen itävyydellä oli 3,6 prosenttiyksikköä Marika-lajikkeella. Peppi-lajikkeella puolestaan peittaus paransi itävyyttä vain 0,9 prosenttiyksikköä.



Kuva 8. Peittauksen vaikutus homevioitusten esiintymisfrekvenssiin neljällä tarkempaan analyysiin valitulla lajikkeella yhteensä yhdeksältä maantieteelliseltä alueelta (Etelä-Pohjanmaa, Etelä-Savo, Häme, Keski-Suomi, Pohjanmaa, Pohjois-Pohjanmaa, Pohjois-Savo, Satakunta ja Varsinais-Suomi) kolmena eri kasvukautena.



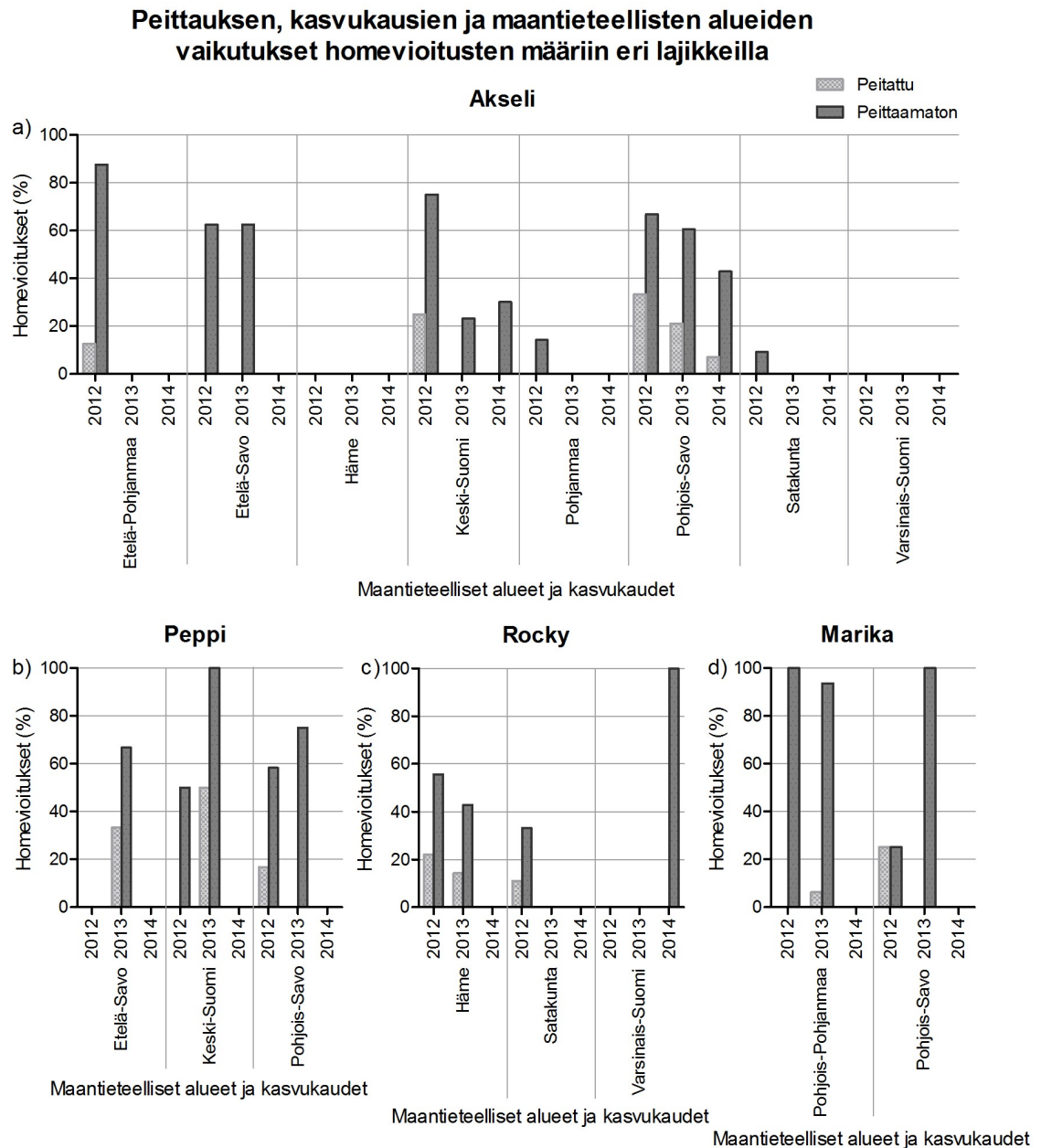
Kuva 9. Peittauksen vaikutus eri lajikkeiden keskimääräiseen itävyyteen neljällä tarkempaan analyysiin valitulla lajikkeella yhteensä yhdeksältä maantieteelliseltä alueelta (Etelä-Pohjanmaa, Etelä-Savo, Häme, Keski-Suomi, Pohjanmaa, Pohjois-Pohjanmaa, Pohjois-Savo, Satakunta ja Varsinais-Suomi) kolmena eri kasvukautena (2012, 2013 ja 2014).

Peittaus vähensi pääosin homevioitusten määrää yhtä tehokkaasti kaikilla alueilla (Kuva 10). Homevioitusten määrä vaihteli kuitenkin suuresti maantieteellisten alueiden välillä yhdellä lajikkeellakin, kuten Akseli-lajikkeella Etelä-Pohjanmaalla ja Hämeessä. Myös eri lajikkeilla homevioitusten runsaus sekä peittauksen tehokkuus vaihteli samanakin kasvukautena samalla maantieteellisellä alueella. Esimerkiksi Pohjois-Savossa Akselilajikkeella peittaus ei ollut yhtä tehokasta kuin Peppi-lajikkeella samalla alueella. Akseli-lajikkeella ei taas esiintynyt homevioituksia millään kasvukaudella Hämeessä eikä Varsinais-Suomessa, mutta Rocky-lajikkeella homevioituksia esiintyi näillä alueilla.

Peittaus vähensi homevioitusten määrää huomattavasti kaikilla lajikkeilla kaikkina kasvukausina, paitsi Marika-lajikkeella Pohjois-Savossa kasvukaudella 2012, jolloin peittauksella ei ollut mitään vaikutusta homevioitusten määrään (Kuva 10). Muina kasvukausina peittaus kuitenkin vähensi todella tehokkaasti homevioitusten esiintymistä Marika-lajikkeellakin. Peitatuilla siemenillä ei aina esiintynyt lainkaan homevioituksia, vaikka peittaamattomilla niitä saattoi esiintyä hyvinkin runsaasti.

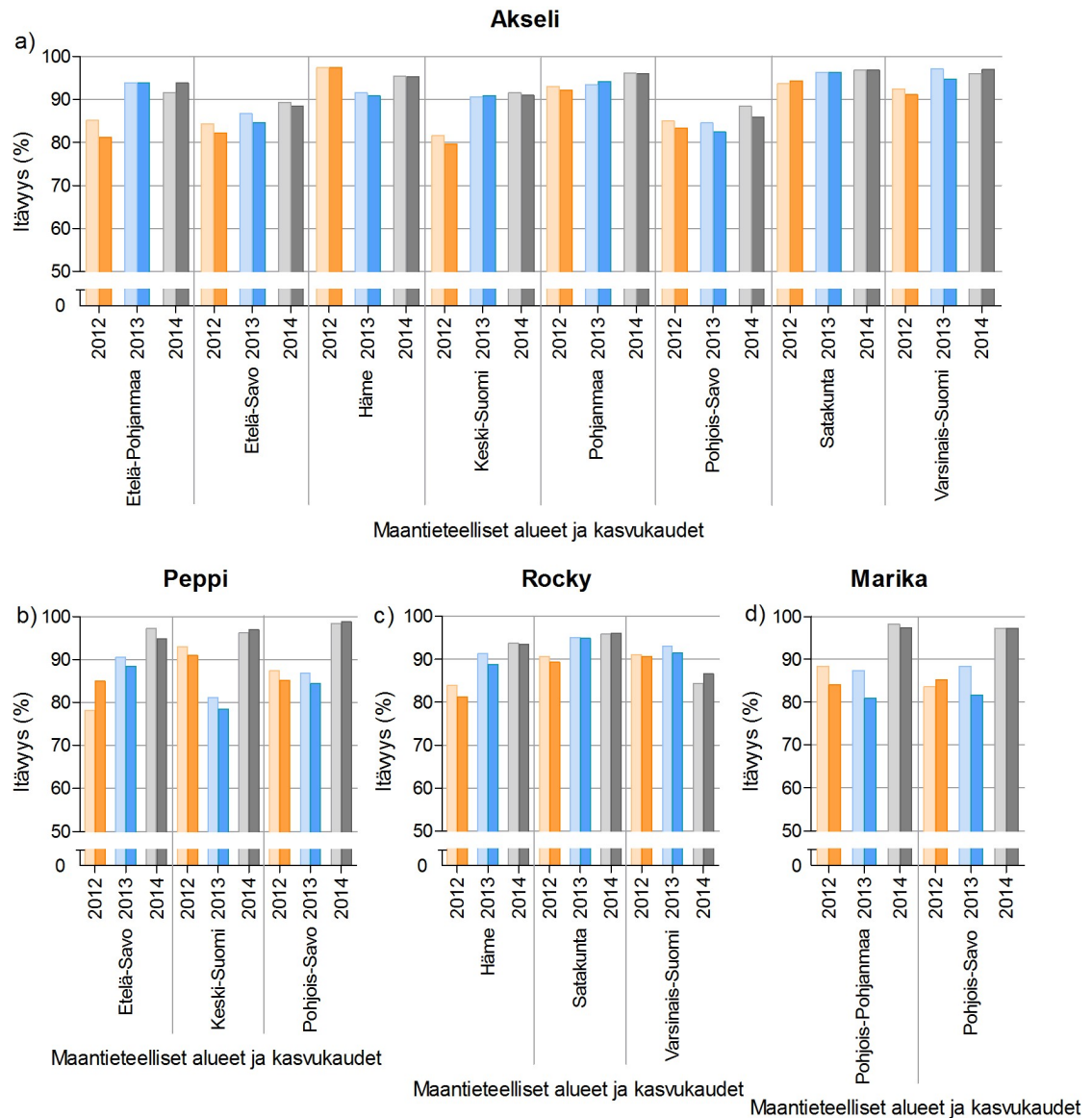
Lajikkeen itävyys saattoi vaihdella saman kauden aikana huomattavasti eri maantieteellisillä alueilla samoin kuin yhdellä alueella eri kausina (Kuva 11). Jos

peittauksella onnistuttiin estämään homevioitusten esiintyminen kokonaan tai ainakin vähentämään niitä, peitattujen siementen itävyys oli parempi kuin peittaamattomien (Kuvat 10 ja 11). Itävyys oli myös keskimäärin huonompi niinä kasvukausina, jolloin peittaamattomilla siemenillä esiintyi paljon homevioituksia.



Kuva 10. Peittauksen, kasvukausien ja maantieteellisten alueiden vaikutukset homevioitusten esiintymisfrekvenssiin tarkempaan analyysiin valituilla neljällä eri lajikkeella.

### Peittauksen, kasvukausien ja maantieteellisten alueiden vaikutukset eri lajikkeiden itävyyteen



Kuva 11. Peittauksen, kasvukausien ja maantieteellisten alueiden vaikutukset neljän tarkempaan analyysiin valitun lajikkeen itävyyksiin eli normaalisti itäneiden siementen määriin. Jokaisella kasvukaudella (2012, 2013 ja 2014) näkyy peitattujen (vasen, vaaleampi pylväs) ja peittaamattomien (oikea, tummempi pylväs) itävyyssprosentit.

## 6.2 Peittauksen ja idätysmenetelmien vaikutukset eritasoisia hometartuntoja kantavien näytteiden itävyyteen, homevioituksiin ja *Fusarium*-lajien määriin

### 6.2.1 Itävyys ja vaurioluokat

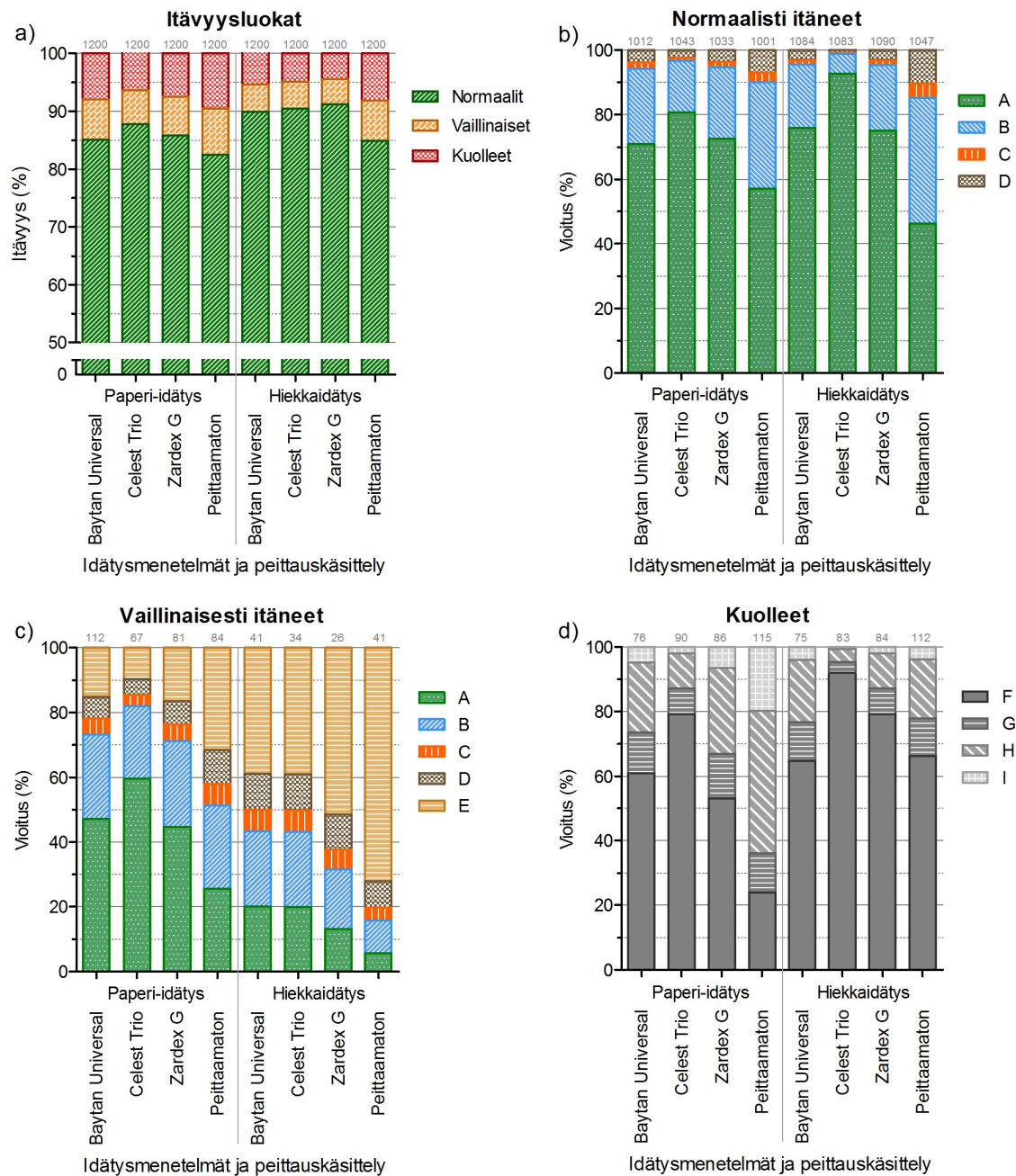
Peittaus paransi itävyyttä tilastollisesti merkittävästi ja hiekkaidätysmenetelmällä siemenet itivät hieman paremmin kuin paperi-idätyksessä ( $p < 0,001$  Liite 4, taulukko 1) (Kuva 12a). Peitatuilla siemenillä oli paremmat itävyysprosentit kuin peittaamattomilla molemmissa idätysmenetelmissä. CT-käsitellyillä siemenillä oli hieman parempi itävyysprosentti kuin BU- ja ZG-käsitellyillä siemenillä paperi-idätyksessä, mutta hiekkaidätyksessä peittausaineiden välillä ei juuri ollut vaihtelua itävyysprosenttien tasossa. Peitattujen ja peittaamattomien siemenien itävyysprosenttien välinen ero oli kuitenkin suurempi hiekka- kuin paperi-idätyksessä, missä itävyysprosentit olivat kaikkiaan alhaisempia.

Peittaus vähensi myös vioituksia sekä normaalisti että vaillinaisesti itäneissä iduissa ja niiden juurissa ( $p < 0,001$  Liite 4, taulukot 2 ja 3) (Kuvat 12b ja 12c). CT-käsiteltyjen siemenien iduissa esiintyi vähiten vioituksia. Vain vaillinaisesti itäneillä BU-käsitellyillä siemenillä hiekkaidätyksessä oli yhtä vähän vioituksia kuin CT-käsitellyillä siemenillä samoissa olosuhteissa. BU- ja ZG-käsittelyillä siemenillä oli vioituksia muissa olosuhteissa hyvin samanlaisesti. Peittaamattomilla siemenillä vioituksia oli eniten ja hiekkaidätyksessä jopa 94,2 % vaillinaisesti itäneistä oli homevioittuneita.

CT-käsitellyillä siemenillä kasvoi myös vähiten *Fusarium*-rihmastoa sekä siementen ympärillä että pinnalla molemmilla idätysmenetelmillä ( $p < 0,001$  Liite 4, taulukko 4) (Kuva 12d). Paperi-idätyksessä *Fusarium*-rihmastoa kasvoi vähemmän BU-käsitellyillä kuin ZG-käsitellyillä siemenillä, mutta hiekkaidätyksessä *Fusarium*-rihmastoa kasvoi vähemmän ZG-käsitellyillä siemenillä. *Fusarium*-rihmastoa kasvoi muutenkin paperi-idätyksissä enemmän, erityisesti peittaamattomissa näytteissä. Muidenkin homeiden rihmastoja kasvoi vähiten CT-käsitellyillä siemenillä ja eniten peittaamattomilla. Suurin osa kuolleista siemenistä oli kuitenkin pehmeitä, homerihmastottomia siemeniä. Tästä poikkeuksena olivat kuolleet peittaamattomat siemenet paperi-idätyksessä, sillä niistä suurimmalla osalla kasvoi *Fusarium*-rihmastoa siemenen pinnalla.



### Peittauksen ja idätysmenetelmien vaikutukset siementen itävyyteen ja voituksiin

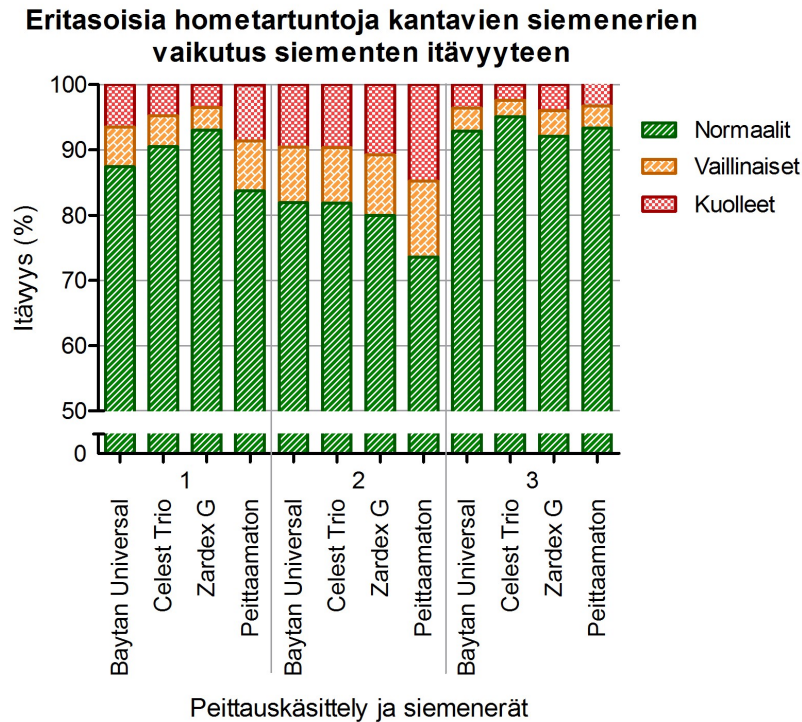


Kuva 12. Siementen jakautuminen a) itävyysluokkiin (normaalit, vaillinaiset ja kuolleet) sekä b), c) ja d) niiden vaurioluokkiin (A (oireeton), B (< 25 % juurten pinta-alasta), C (< 25 % koleoptiilin pinta-alasta), D (25–50 % pinta-alasta), E (> 50 % pinta-alasta), F (kuolleet, pehmeät), G (kuolleet, *Fusarium*-rihmaston ympäröimät), H (kuolleet, *Fusarium*-rihmastoa pinnalla) ja I (kuolleet, muita homeita)) peittausaineiden ja idätysmenetelmien suhteen laboratorio-olosuhteissa. Pylväiden yläpuolella olevat luvut kuvaavat havaintomääriä.



Kaikilla käsittelyillä ja idätysmenetelmillä normaalisti itäneitä oli eniten ja kuolleita siemeniä enemmän kuin vaillinaisesti itäneitä (Kuva 12a). Kaikilla käsittelyillä myös normaalisti itäneissä suurin osa iduista oli oireettomia (Kuva 12b). Suurin osa normaalisti itäneiden vioituksista oli juurissa. Juurista vioittuneita normaalisti ja vaillinaisesti itäneitä oli enemmän paperi- kuin hiekkaidätyksessä paitsi normaalisti itäneissä peittaamattomissa ja vaillinaisesti itäneissä CT-käsitellyissä iduissa (Kuva 12Kuvat 12b ja 12c). Vaillinaisesti itäneiden siementen vioitusten jakaumissa oli paljon vaihtelua sekä peittauskäsittelyjen että idätysmenetelmien välillä (Kuva 12c). Vakavasti vioittuneita ituja löytyi huomattavasti enemmän vaillinaisesti itäneistä hiekka- kuin paperi-idätyksessä ja erityisesti peittaamattomista näytteistä. Paperi-idätyksessä esiintyi muutenkin vähemmän vioittuneita ituja kuin hiekkaidätyksessä (Kuvat 12b ja 12c). Kaiken kaikkiaan koleoptiilista vioittuneita ituja oli hyvin vähän.

Peittausaineiden tehot itävyyden parantamisessa vaihtelivat eri homepitoisuuksissa, sillä suurinta homepitoisuutta kantavilla siemenerillä korkeimmat itävyysprosentit olivat ZG-käsitellyllä ja pienintä homepitoisuutta kantavilla CT-käsitellyllä (Kuva 13). Keskinkertaisinta homepitoisuutta kantavalla siemenerällä itävyysprosentit olivat lähes samalla tasolla kaikilla peittausaineilla. Siemenerässä, jossa oli tutkimuksen mukaan vähiten homesieniä, oli paras itävyysprosentti ja siemenerässä, jossa oli keskinkertaisesti homesieniä, oli huonoin itävyysprosentti. Peittaamattomilla alhaisimmat itävyysprosentit olivat siemenerissä, joissa oli eniten ja keskinkertaisesti homesieniä. Siemenerässä, jossa oli vähiten homesieniä, oli vähiten vaihtelua käsittelyiden välillä. Keskinkertaisessa homepitoisuudessa oli eniten kuolleita siemeniä, joilla kasvoi *Fusarium*-rihmastoa (2,3 prosentilla siemenerän siemenistä), ja alhaisimmassa homepitoisuudessa vähiten (0,5 prosentilla siemenerän siemenistä).



Kuva 13. Siementen jakautuminen itävyysluokkiin eritasoisia hometartuntoja kantavilla siemenerillä. 1 = 67 % homesieniä, 2 = 37 % homesieniä ja 3 = 10 % homesieniä. Kaikissa käsittelyissä oli 800 näytettä.

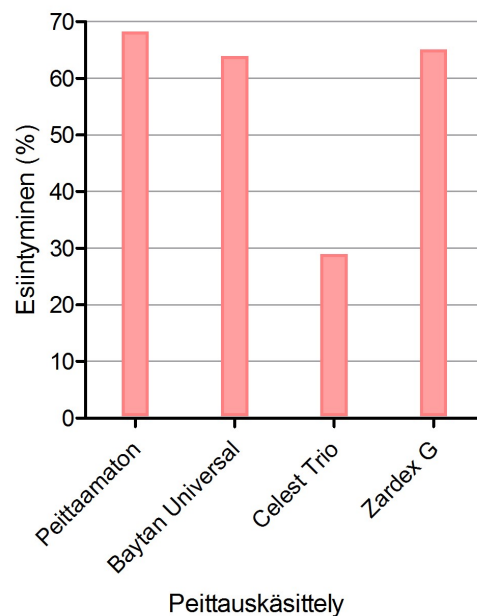
### 6.2.2 *Fusarium*-lajit

Siemennäytteissä oli ylivoimaisesti eniten *F. graminearum* Schwabe -lajia (79 prosentissa näytteitä). Näytteistä löytyi myös jonkin verran *Fusarium poae* (Peck) Wollenw. (23 prosentissa näytteitä), *Fusarium tricinctum* (Corda) Sacc. (10 prosentissa näytteitä) ja *Fusarium equiseti* (Corda) Sacc. (2 prosentissa näytteitä) -lajeja. Muutamalla näytteellä agarmaljat olivat niin *Mucor*-sienen vallassa, että niissä kasvavaa *Fusarium*-lajeja ei voitu tunnistaa. Näytteistä löydettiin myös muita kuin *Fusarium*-lajeja, kuten *Monographella nivalis* (Schaffnit) E. Müll (27 prosentissa näytteitä), *Epicoecum* spp., *Mucor* spp., *Cladosporium* spp., *Alternaria* spp., *Penicillium* spp. ja bakteereja. Pienessä osassa (10 %) näytteitä ei ollut lainkaan *Fusarium*-sieniä. Näistä 80 % oli CT-käsiteltyjä. Neljäsosassa näytteitä oli kahta tai useampaa *Fusarium*-lajeja ja näistä puolet oli peittaamattomia.

CT-peittausaine vähensi selvästi *Fusarium*-sienten määrää verrattuna peittaamattomiin siemeneriin, mutta BU- ja ZG-käsitellyillä siemenerillä esiintyi *Fusarium*-sieniä melkein yhtä paljon kuin peittaamattomissa ( $p < 0,001$ ) (Kuva 14). Peittauskäsittely

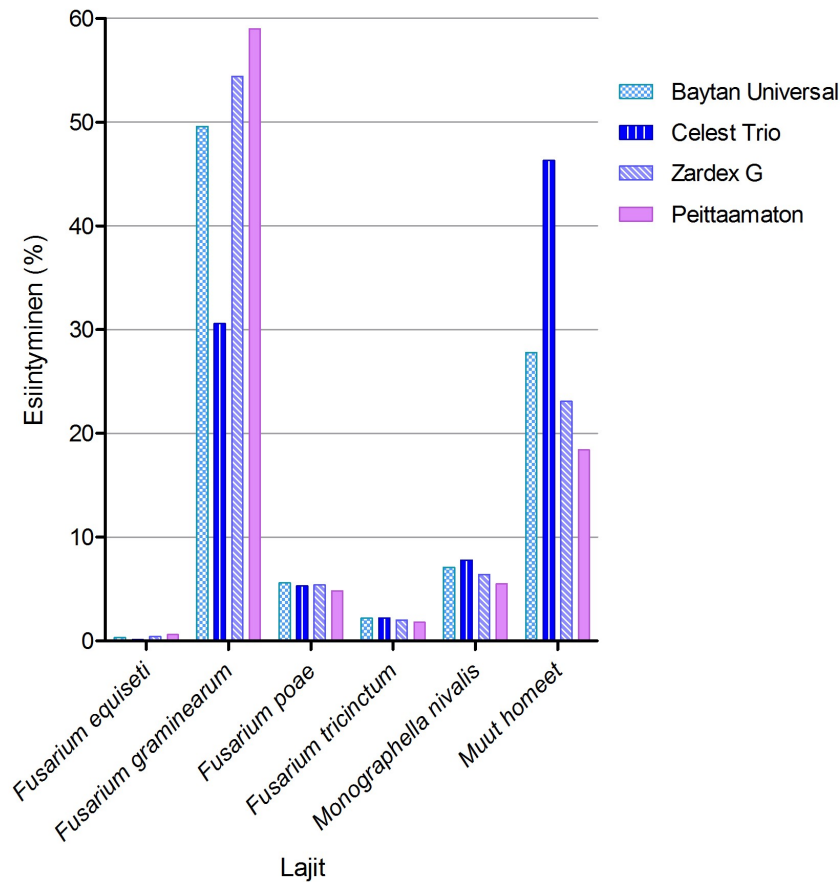
vaikutti huomattavasti homelajien esiintymisten suhteisiin (p < 0,001) (Kuva 15). Vähiten *Fusarium*-sieniä esiintyi CT-käsittelyllä, mutta sillä esiintyi myös enemmän muita homelajeja. Peittaamattomilla siemenillä taas oli eniten *F. graminearum*-sieniä ja vähiten muita homeita. CT-käsittely vähensi selvästi *F. graminearum*-lajin esiintymistä. Muut peittäusaineet eivät olleet niin tehokkaita *F. graminearum*-lajin torjunnassa. Muiden *Fusarium*-lajien esiintymisosuus oli kuitenkin lähes sama kaikilla käsittelyillä. Peittäus, erityisesti CT-peittäusaineella, lisäsi muiden homelajien yleisyyttä peittaamattomiin siemeniin verrattuna.

***Fusarium*-sienten esiintymisprosentti  
peittaamattomissa ja peitatuissa siemenierissä**



Kuva 14. *Fusarium*-sienten esiintymisprosentit peittäusainekäsitellyillä siemenillä. Näytettäjä kaikissa käsittelyissä oli 1200.

**Peittauskäsittelyjen vaikutus *Fusarium*-lajien ja muiden homeiden esiintymisprosentteihin paperi-idätyksessä**



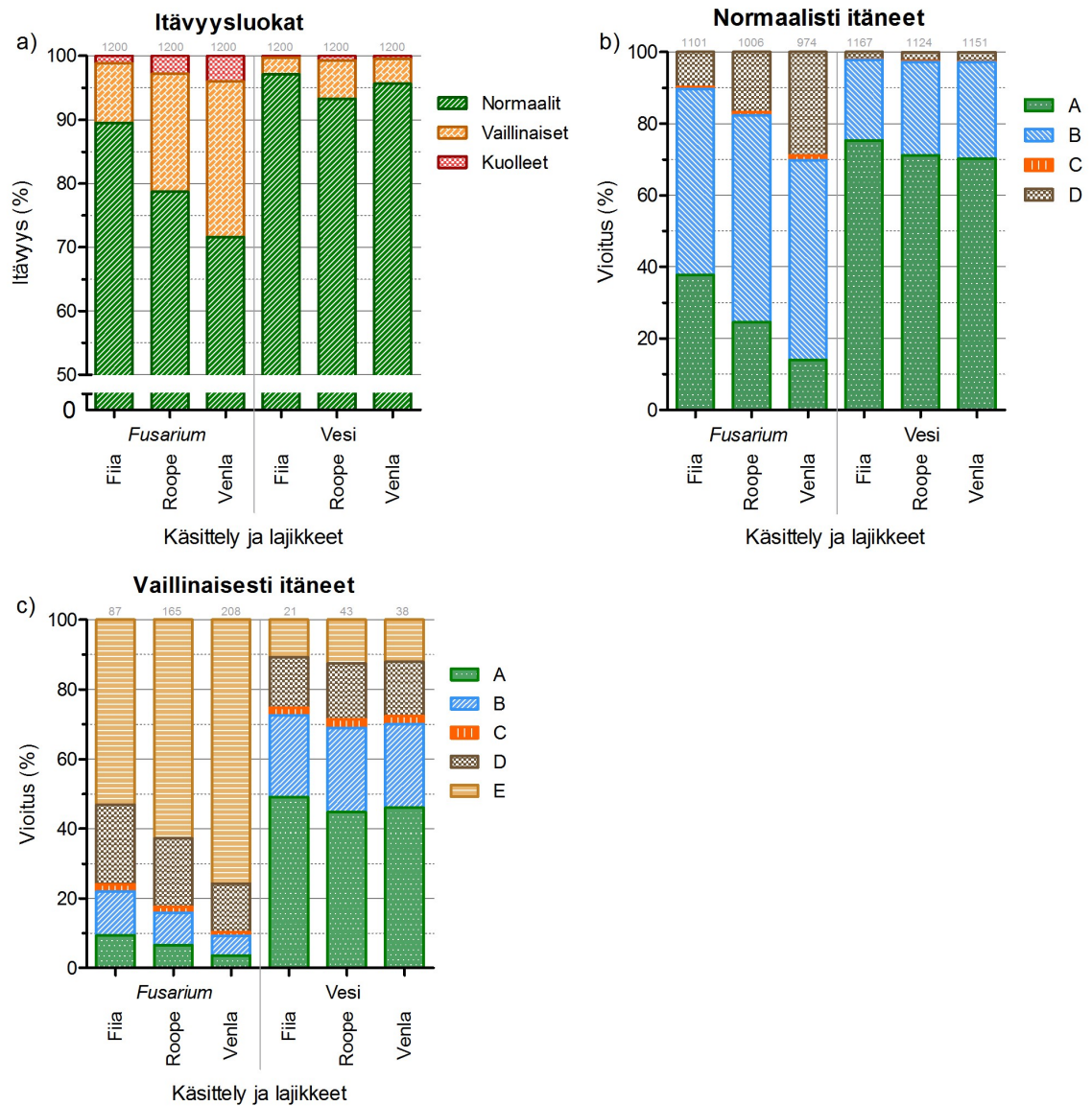
Kuva 15. Peittausaineiden vaikutus *Fusarium*-lajien ja muiden homeiden esiintymisprosentteihin paperi-idätyksessä. Muut homeet viittaavat muihin kuin *Fusarium*-sukuihin, kuten *Mucor* spp., *Cladospori* spp., *Alternaria* spp. ja *Penicillium* spp. Näytettä kaikissa käsittelyissä oli 1200.

### 6.3 *Fusarium culmorum* -sienen patogeenisuus kolmelle kauralajikkeelle

Tartutus *Fusarium culmorum* -sienellä alensi itävyyttä ja toi esiin eroja lajikkeiden välillä ( $p < 0,001$  Liite 5, taulukot 1, 2 ja 3). Lajikkeet ja tartutuskäsittely eivät kuitenkaan vaikuttaneet kuolleilla siemenillä kasvavien homeiden määrään ( $p > 0,05$  Liite 5, taulukko 4). *F. culmorum* -tartutus alensi kauran itävyyttä ja lisäsi erilaisia vioituksia sekä normaalisti itäneissä että vaillinaisesti itäneissä siemenissä (Kuva 16). *F. culmorum* -sienellä tartutettujen lajikkeiden välillä oli enemmän vaihtelua kuin vedellä käsitellyillä siemenillä. Kaikilla lajikkeilla oli *Fusarium*-käsittelyllä vaillinaisesti itäneistä yli 50 % vakavasti vioittuneita ituja, kun taas vesikäsittelyllä niitä oli vain noin 10 %. Tartutus *F. culmorum* -sienellä aiheutti vähiten vioituksia Fiia-lajikkeelle ja eniten Venla-lajikkeelle. Fiia-lajikkeella oli myös parhain itävyysprosentti

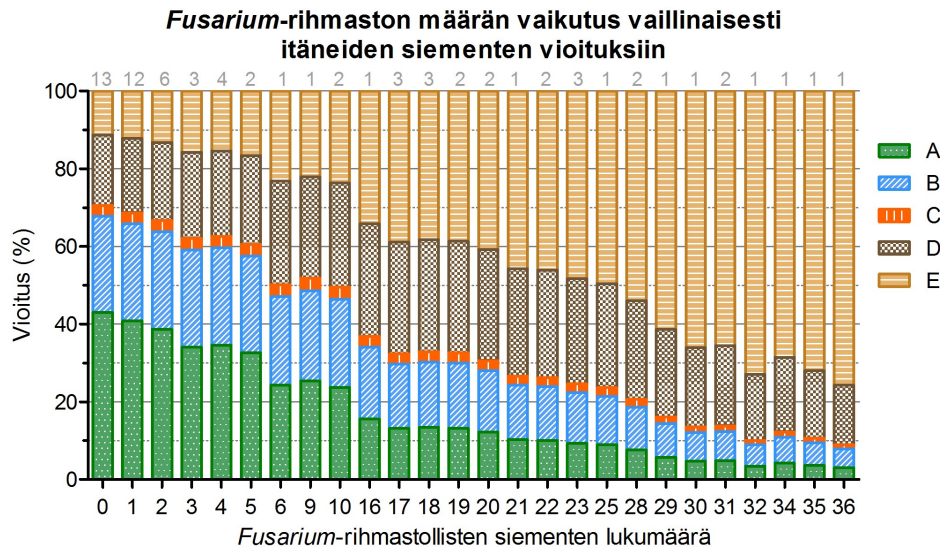
ja Venla-lajikkeella alin *Fusarium*-käsittelyllä. Roope oli taudinkestävyydeltään Fiia- ja Venla-lajikkeiden väliltä itävyysprosentin ja vioitusten määrän mukaan. Normaalisti itäneissäkin iduissa oli *Fusarium*-käsittelyllä vioituksia, etenkin juurivioituksia, huomattavasti enemmän kuin vesikäsittelyllä. Vaillinaisesti itäneitä oli kaikkiaan enemmän *Fusarium*- kuin vesikäsittelyllä. Koleoptiilista vioittuneita ituja ei oikeastaan ollut millään käsittelyllä eikä lajikkeella. Vaillinaisesti itäneillä siemenillä oli sitä enemmän vioituksia, mitä useammalla niistä kasvoi *Fusarium*-rihmastoa siemenen pinnalla (Kuva 17).

**Tartutuskäsittelyn vaikutus eri lajikkeiden siementen itävyyteen ja vioituksiin**



Kuva 16. Siementen jakautuminen a) itävyysluokkiin sekä b) normaalisti ja c) vaillinaisesti itäneiden vaurioluokkiin (A (oireeton), B (< 25 % juurten pinta-alasta), C (< 25 % koleoptiilin pinta-alasta), D (25–50 % pinta-alasta), E (> 50 % pinta-alasta))

lajikkeiden ja tartutuskäsittelyn suhteen. Pylväiden yläpuolella olevat luvut kuvaavat havaintomääriä.



Kuva 17. Vaillinaisesti itäneiden siementen jakautuminen vaurioluokkiin (A (oireeton), B (< 25 % juurten pinta-alasta), C (< 25 % koleoptiilin pinta-alasta), D (25–50 % pinta-alasta), E (> 50 % pinta-alasta)) suhteessa näytteessä olevien vaillinaisesti itäneiden siementen määrään, joiden pinnalla kasvoi *Fusarium*-rihmastoa. Pylväiden yläpuolella olevat luvut kuvaavat havaintomääriä.

## 7 TULOSTEN TARKASTELU

### 7.1 Itävyys ja homevioitukset eri kauralajikkeissa 2012–2014

Peittaus vähensi kaikilla lajikkeilla homevioitusten määrää huomattavasti, mutta ei juuri parantanut siementen itävyyttä. Edes erittäin runsas *Fusarium*-tartunta ei aina alenna itämiskykyä merkittävästi ja laboratorio-olosuhteissa tehdyt idätyskokeet ovat yleensä liian lyhyitä useille siemenlevintäisille kasvitaudeille, sillä ne eivät ehdi aiheuttaa vakavia oireita nopeasti kehittyvillä juurilla ja koleoptiileilla (Uoti ja Ylimäki 1974). Sienitartunta voi kuitenkin vahingoittaa orastumista pellolla, vaikka laboratorio-olosuhteissa se ei olisi huomattavasti vaikuttanut itävyysprosenttiin (Kitunen 1954). Fernandezin ym. (2009) tutkimuksessa *Fusarium*-tartunta huononsi vehnän siementen itävyyttä riippumatta siitä, mitä *Fusarium*-lajeja niillä kasvoi ja kuinka paljon. Ainakin DON-toksiinia tuottavien *Fusarium*-lajien esiintyminen siemenerissä voi alentaa siementen itävyyttä, sillä DON häiritsee juurien ja koleoptiilien muodostumista ja normaalia kehitystä kauran (Tekle ym. 2013) ja vehnän (Shimada ja Otani 1990) siemenillä. Peittauksella saatiin kuitenkin tässä itävyystulosaineistossa jonain



kasvukausina estettyä homevioletusten esiintyminen siemenissä täysin, mutta itävyyttä saatiin parannettua vain muutaman prosenttiyksikön verran. Jamalaisen (1947) mukaan runsas homepitoisuus ei aina edes alenna siemenen itävyyttä vastaavasti. Peittauksella voidaan kuitenkin parantaa itävyyttä noin 10–20 % ja peittauksen avulla voidaan huonostakin siemenerästä saada hyvälaatuista siementä (Kitunen 1954).

Itävyystulosaineistossa lajikkeiden välillä oli suurta vaihtelua homevioletusten määrissä ja itävyysprosentteissa. Huonosti itäneissä siemenerissä esiintyi keskimäärin enemmän homevioletuksia kuin hyvin itäneissä. Aineistossa oli muutama lajike, jotka poikkesivat tästä yleisestä linjasta, sillä Akseli-, Rocky- ja Venla-lajikkeilla oli yhtä hyvät tai paremmat itävyysprosentit kuin Viviana-lajikkeella, mutta niillä oli silti enemmän homevioletuksia kuin Viviana-lajikkeella. Akseli-, Rocky-, Venla- ja Viviana-lajikkeet ovat kaikki kuorellisia lajikkeita ja kuorellisuus vaikuttaa niiden taudinkestävyyteen *Fusarium*-sientä vastaan (Šliková ym. 2010). Kuorinnan jälkeen kuorellisilla kauralajikkeilla oli Šlikován ym. (2010) tutkimuksessa pääosin vähemmän *Fusarium*-tartuntaa ja DON-toksiineja kuin kuoretomilla lajikkeilla. Uotin ja Ylimäen (1974) tutkimuksessa kauran lajikkeiden välillä ei kuitenkaan ollut merkittäviä eroja niissä esiintyvien *Fusarium*-tartunnan määrissä, vaikka vehnä- ja ohralajikkeilla oli.

Siemensadon itävyydessä ja homevioletusten määrässä oli selviä vuosien ja maantieteellisten alueiden välisiä eroja. Homevioletuksia oli runsaasti niinä vuosina ja niillä alueilla, joilla itävyys oli huono. Kasvukausien olosuhteiden ja maantieteellisten alueiden on todettu muissakin tutkimuksissa vaikuttavan sadon itävyyteen sekä *Fusarium*-sienten ja homevioletusten määrään (Ylimäki ym. 1979; Doohan ym. 2003; Imathiu ym. 2010; Hietaniemi ym. 2016). Kasvukausien väliset erot itävyydessä ja homevioletusten määrissä selittyvät sääolojen eroilla ja erilaisten sääjaksojen ajoittumisesta kasvukausilla. Ylimäen ym. (1979) tutkimuksessa suuri sateisten päivien määrä lisäsi *Fusarium*-sienen esiintymisrunsautta ohralla, vehnällä ja rukiilla, mutta ei kauralla. Lisäksi *Fusarium*-lajien ja DON-toksiinitartuntojen esiintyminen vaihtelee maantieteellisten alueiden välillä eri vuosina (Ylimäki ym. 1979; Langseth ja Elen 1997; Bottalico ja Perrone 2002). Kuitenkaan meteorologisten tekijöiden avulla ei aina pystytty selittämään alueellisia eroja *Fusarium*-sienten ja hometoksiinien määrässä (Lindblad ym. 2012; Fredlund ym. 2013).

Yhden lajikkeen itävyys voi vaihdella suurestikin eri maantieteellisten alueiden välillä ja myös yhdellä alueella eri kausina. Kasvukausien aiheuttamaan vaihteluun ei voi vaikuttaa, mutta kasvilajien ja -lajikkeiden viljelyä voi keskittää eri alueille. Tämän tutkimuksen mukaan tietyiltä maantieteellisiltä alueilta saa todennäköisemmin parempaa kauran siementä. Tulosten perusteella esimerkiksi Akseli-lajikkeella oli vähiten homevioituksia ja korkea itävyys Hämeessä, Pohjanmaalla, Satakunnassa ja Varsinais-Suomessa. Pohjois-Pohjanmaalla ja Pohjois-Savossa taas esiintyi enemmän homevioituksia ja alempia itävyyksiä, vaikka kasvukautena 2014 näillä alueilla itävyys olikin hyvä. Tämän tutkimuksen mukaan homevioitusten määrä lisääntyy keskimäärin sitä mukaa, mitä pohjoisemmilla kasvuvyöhykkeillä viljellään samalla, kun itävyys keskimäärin huonontuu. Hietaniemen ym. (2016) tutkimuksessa taas eniten *Fusarium*-tartuntoja kauralla oli Länsi-, Etelä- ja Itä-Suomessa. Viljelyolosuhteet kauran itävyyden ja homevioitusten esiintymisen kannalta vaikuttaisivat olevan parempia eteläisessä kuin pohjoisessa Suomessa. Eri alueilla viljeltyjen lajikkeiden itävyyttä ja homevioitusten määrää ei voi siis täysin verrata keskenään alueellisten erojen takia. Eri alueilla on esimerkiksi totuttu viljelemään tiettyjä lajikkeita ja viljely- ja peittauskäytännöt vaihtelevat alueellisesti ja myös ajan kuluessa. Eri alueilla käytetään eri peittausaineita ja tämän tutkimuksen perusteella peittauksen teho homevioitusten vähentämisessä vaihteli alueiden välillä. Lajikkeiden välisiä eroja taudinkestävyyksissä olisi mielenkiintoista tutkia lisää. Myös maantieteellisten alueiden ja peittausaineiden vaikutusta lajikkeiden itävyyteen ja homevioitusten esiintymiseen voisi tutkia lisää.

Itävyyttä voivat kuitenkin alentaa myös muut tekijät kuin homesienet. Siemenissä voi esiintyä kuumenemisvioituksia, joita syntyy puinnin yhteydessä varsinkin, jos korjuuaika on märkä. Tällaisessa tilanteessa kuumenemisvioitusten synty voi edesauttaa homevioitusten esiintymistä. Lisäksi mekaaniset vioitukset ja halla voivat alentaa siementen itävyyttä. Siemen saattaa olla myös huonolaatuista tai kypsymätöntä. Homesienillä on kuitenkin tärkeä merkitys itävyyden alentamisessa, koska tässäkin tutkimuksessa olevat siemenet, joilla oli paljon homevioituksia, itivät huonommin kuin vioituksettomat siemenet. Homevioitukset ovat myös yleisin vioitustyyppi Eviran tekemissä idätyskokeissa.



## 7.2 Peittauksen ja idätysmenetelmien vaikutukset eritasoisia hometartuntoja kantavien näytteiden itävyyteen, homevioituksiin ja *Fusarium*-lajien määriin

Kaikki peittauskäsittelyt paransivat siementen itävyyttä tässä tutkimuksessa laboratorioolosuhteissa ja vähensivät näytteissä kasvavien sienten määrää sekä niiden aiheuttamia homevioituksia erityisesti juurissa. Peittauksen on todettu parantavan itävyyttä myös muissa tutkimuksissa (Kitunen 1954; Uoti 1979). Eri valmisteiden teho itävyyden parantamisessa oli lähes yhtä hyvä, mutta CT-peittausaine oli ainoa, joka vähensi merkittävästi *Fusarium*-rihmaston määriä siemenillä. Peittausaineiden on todettu vähentävän *Fusarium*-tartunnan määrää myös muissa tutkimuksissa (Uoti 1979; Jørgensen ym. 2012). CT-peittausaineella käsitellyillä siemenillä esiintyi vähiten ituvioituksia sekä *Fusarium*-sieniä ja muita homeita kuolleilla siemenillä. Peittaamattomilla siemenillä taas näitä kaikkia oli oletetusti eniten. BU- ja ZG-käsittelyillä siemenillä oli samanlaisia vioituksia keskimäärin yhtä paljon. Näiden käsittelyjen välillä oli kuitenkin eroja siemenillä kasvavien *Fusarium*-sienten määrässä, sillä BU-käsitellyillä siemenillä oli vähemmän *Fusarium*-sieniä paperi-idätyksessä ja ZG-käsitellyillä siemenillä niitä oli vähemmän hiekkaidätyksessä.

Pääosin peittausaineet parantavat itävyyttä ja vähentävät vioituksia juurissa ja koleoptiileissa (Jørgensen ym. 2012). Hysingin ym. (2014) tutkimuksessa peittaus fludioksoniililla lisäsi sekä kauran että syysvehnän satotasoa ja kauran kasvutiheyttä. Fludioksoniilin lisäksi myös tehoaineet difenokonatsoli, metalakssyyli-M, tiraami, tritikonatsoli, bitertanoli, manebi ja guatsatiini ovat parantaneet itävyyttä ja vähentäneet orasvioituksia (Fernandez ym. 2009; Jørgensen ym. 2012). Fernandezin ym. (2009) tutkimuksessa muutaman tehoaineen (tritikonatsoli, tebukonatsoli, tiraami ja karboksiini) todettiin kuitenkin hidastavan kasvien kehitystä ja lisäävän orasvioituksia. Uotin (1979) tutkimuksessa imatsaliilin ja karboksiinin yhdistelmä kuitenkin paransi vehnän itävyyttä. CT-peittausaineen tehoaineet ovat fludioksoniili, difenolikonatsoli ja tebukonatsoli, joista näiden edellä mainittujen tutkimuksien mukaan fludioksoniili ja difenokonatsoli parantaisivat itävyyttä, mutta tebukonatsoli voisi jopa lisätä orasvioituksia. Tässä tutkimuksessa CT-peittausaine kuitenkin paransi itävyyttä ja vähensi *Fusarium*-sienten määrää siemenissä, joten tebukonatsoli ei ainakaan yhdistettynä fludioksoniilin ja difenokonatsolin kanssa lisännyt orasvioituksia. Toisaalta Gilbertin ja Tekauzin (1995) mukaan peittauksen teho vaihtelee lajikkeiden välillä,

erityisesti lämpimissä olosuhteissa. Yhdenkin peittausaineen teho voi vaihdella lämpötilasta riippuen (Gilbert ja Tekauz 1995). Erilaisissa olosuhteissa ja eri lajikkeilla CT-peittausaineenkin teho saattaa vaihdella.

Tutkittujen peittausaineiden tehoissa huomattiin eroja niillä käsitellyillä siemenillä kasvavien *Fusarium*-sienten määrässä ja lajistossa. Vain CT vähensi huomattavasti *Fusarium*-sienten määrää ja suurin osa näytteistä, joissa ei kasvanut lainkaan *Fusarium*-sieniä, oli CT-käsiteltyjä. BU- ja ZG-käsittelyillä saatiin myös vähennettyä niiden kuolleiden siementen määrää, joilla kasvoi *Fusarium*-rihmastoa, vaikka niillä *Fusarium*-lajien esiintymisprosentti oli kuitenkin melkein yhtä korkea kuin peittaamattomilla siemenillä. Fernandezin ym. (2009) mukaan peittausaineet voivat parantaa orastumista *Fusarium*-tartunnan omaavilla siemenerillä, mutta peittausaineet eivät estä ainakaan *F. graminearum*-sienen leviämistä siemenistä kasvin solukkoon, joten *Fusarium* voi aiheuttaa vioituksia ja satotappioita myös orastumisen jälkeen. Näitä voitaisiin estää kauralla tehokkaasti CT-peittausaineella, sillä se vähensi merkittävästi erityisesti *F. graminearum* -sienen määrää tutkituilla siemenillä.

Melkein kaikista näytteistä (96 %) löytyi *Fusarium*-sieniä ja yhdestä näytteestä saattoi löytyä useitakin *Fusarium*-lajeja. Ylimäen ym. (1979) tutkimuksessakin *Fusarium*-sienet olivat yleisiä suomalaisessa viljassa, sillä suurimmalla osalla (85 %) viljojen näytteistä oli *Fusarium*-tartuntaa ja kauralla oli erityisen paljon *Fusarium*-tartuntoja verrattuna muihin kotimaisiin viljoihin (Ylimäki 1981). *F. graminearum* -lajia esiintyi kuitenkin runsaimmin tässä tutkimuksessa, kun taas Ylimäen ym. (1981) tutkimuksessa *F. culmorum* oli yleisin *Fusarium*-laji. Ylimäen ym. (1981) tutkimuksessa *Fusarium*-lajien lisäksi *Alternaria* spp., *Cladosporium* spp. ja *Penicillium* spp. olivat yleisiä kauralla, kuten myös tässäkin tutkimuksessa.

Korkeassa ja keskinkertaisessa tartuntatasossa peittausaineet paransivat siementen itävyyttä, mutta alhaisessa tartuntatasossa peittauksesta ei ollut sanottavaa hyötyä tässä tutkimuksessa. Peittausaineiden on havaittu parantavan orastumista ja jyväsatoa muissakin tutkimuksissa, kun siemenerissä esiintyi runsaasti *Fusarium*-sieniä, vehnällä (Fernandez ym. 2009; May ym. 2010), durumvehnällä ja ohralla (May ym. 2010). Myös Jørgensenin ym. tutkimuksessa (2012) fludioksoniilia sisältävät peittausaineet paransivat vehnällä itävyyttä merkittävästi ja lisäsivät satoa peltokokeissa, joissa

siemenerissä oli paljon *Fusarium*- tai *Microdochium* spp. sieniä, mutta peittauksella ei ollut vaikutusta itävyyteen terveillä siemenillä. Muuallakin on todettu, että peittauksella ei ole merkittävää vaikutusta orastumiseen eikä jyväsadon määrään siemenerillä, joilla esiintyy vain vähän tai ei ollenkaan *Fusarium*-sieniä, (Fernandez ym. 2009; May ym. 2010). Jamalaisen (1947) mukaan runsaasti saastuneissa siemenerissä peittauksellakaan ei saada torjuttua hometta täydellisesti, kun taas alhaisessa homepitoisuudessa home voidaan saada torjuttua peittauksella melkein kokonaan.

Tässä tutkimuksessa yllättävästi siemenerällä, jolla oli arvioitu olevan keskinkertainen tartuntataso, olikin alhaisimmat itävyysprosentit kaikissa käsittelyissä ja vähäisintä vaihtelua peittausaineiden välillä. Keskinkertaisessa tartuntatasossa peittaamattomilla kuolleilla siemenillä kasvoi myös eniten *Fusarium*-rihmastoa. Oletettavasti itävyys olisi kuitenkin alhaisin korkeimmassa tartuntatasossa, jossa olisi lisäksi esiintynyt eniten *Fusarium*-rihmastoa kuolleilla peittaamattomilla siemenillä. Pelkästään homerihmaston määrän laskeminen siemenistä ei siis ole luotettava tapa arvioida tartunnan määrää eikä se indikoi luotettavasti siementen itämiskykyä. Tartuntatason arviointi perustui tässä tutkimuksessa vain valkoisen homerihmaston määrään siemenillä eikä sienilajeja määriteltä sen tarkemmin. Myöskään mahdollista hometoksiinien merkitystä siementen käyttölaatuun ei otettu huomioon. Tartuntatason arviointi voisi indikoida paremmin siemenen itämiskykyä, jos siemenillä kasvavien sienten lajit määritettäisiin ja niiden rihmastojen määrät analysoitaisiin erikseen siemenerässä. Toisaalta Fernandezin ym. (2009) mukaan *Fusarium*-tartunnan omaavat vehnän siemenet itivät huonommin kuin terveet siemenet riippumatta tartuntatasosta tai *Fusarium*-lajista. Siemenerän itämiskyvyn voi siis jo olettaa alentuneen, jos siemenerässä huomataan kasvavan *Fusarium*-rihmastoa, mutta ilman sienilajin tai -suvun määrittelyä homerihmaston määrä ei kerro luotettavasti siemenerän itämiskyvystä. Ainakin DON-toksiinia tuottavien *Fusarium*-lajien esiintyminen siemenerissä indikoi itämiskyvyn alenemisesta, koska DON häiritsee siementen itämistä (Shimada ja Otani 1990; Tekle ym. 2013).

Idätysmenetelmät vaikuttivat sekä vioitusten määrään että itävyysprosenttiin. Paperi- ja hiekkaidätysten aiheuttamia eroja viljan siementen itävyyteen ei juuri ole tutkittu, mutta tässä tutkimuksessa kauran itävyys oli parempi hiekkaidätyksessä kuin paperi-idätyksissä. Hiekkaidätys muistuttaa enemmän pelto-olosuhteita ja hiekassa siemenet pystyivät kasvamaan ja puolustautumaan paremmin sieniä vastaan kuin paperilla, jossa

oli enemmän vaillinaisesti itäneitä ja kuolleita siemeniä. Hiekkaidätyksen tulokset antavat siis luultavasti paremman kuvan siementen itävyydestä pellolla kuin paperi-idätys. *Fusarium*-sienen kasvutapa saattaa myös olla erilainen hiekassa ja paperilla. *Fusarium*-sienten suurempi määrä paperilla kuin hiekassa voi myös johtua analyysitavasta. Hiekassa siementen homeisuuden arviointi oli hankalampaa kuin paperilla, koska kuolleet siemenet piti kaivaa esiin kosteasta hiekasta, jolloin siemenillä mahdollisesti kasvavat homerihmastot saattoivat irrota hiekan mukana. Tästä syystä hiekkaidätyksessä saattoikin olla enemmän *Fusarium*-sieniä kuin mitä tuloksiin saatiin kirjattua. Tätä ajatusta tukee myös se, että paperi-idätyksessä olevilla vaillinaisesti itäneillä iduilla oli vähemmän vioituksia kuin hiekkaidätyksessä. Peittaus kuitenkin paransi itävyyttä molemmilla idätysmenetelmillä, vaikka hiekassa itävyysprosenttien ero peitattujen ja peittaamattomien välillä oli suurempi. Peittausaineiden väliset erot itävyysprosentteissa olivat taas suurempia paperi-idätyksessä. Pellossa peittausaineiden tehoissa ei siis luultavasti ole kovin suurta eroa, mutta peittaamattomiin verrattuna peittaus parantaa itävyyttä.

Hiekkaidätyksessä *Fusarium*-sienten vaikutus siemeniin vastaa luultavasti paremmin tilannetta pellolla kuin paperi-idätyksessä, missä *Fusarium*-rihmastoa kasvoi enemmän kuolleilla siemenillä kun taas hiekkaidätyksessä oli enemmän vioittuneita vaillinaisesti itäneitä siemeniä. *Fusarium*-sienten aiheuttamat vauriot ovat siis ankarampia paperi- kuin hiekkaidätyksessä. *Fusarium*-sienten määrää saatiin kuitenkin vähennettyä merkittävästi CT-peittausaineella. Itävyyttä puolestaan saatiin parannettua kaikilla peittausaineilla. Lisätutkimuksia voisi tehdä sekä perinteisten että luomutuotannossa hyväksytyjen peittausaineiden tehoaineiden ja *Fusarium*-sienten välisistä reaktioista ja selvittää, millä on tehokkain vaikutus niiden torjunnassa.

### **7.3 *Fusarium culmorum* -sienen patogeenisuus kolmelle kauralajikkeelle**

Kauralajikkeiden vastustuskyvyissä *Fusarium culmorum* -sientä vastaan oli eroja, sillä *F. culmorum* -sienellä tartutetuilla lajikkeilla oli eritasoiset itävyysprosentit ja eri määrät homevioituksia. Tutkituista lajikkeista Fiia-lajikkeella oli paras itävyysprosentti ja vähiten vioittuneita ituja sekä kuolleita siemeniä. Venla-lajikkeella oli enemmän vioituksia ja alempi itävyysprosentti kuin Roope-lajikkeella. Tämä ei kuitenkaan vastaa ennako-oletusta, jonka mukaan Fiia olisi *Fusarium*-sienille altein ja Venla kestävin

lajike (Parikka ym. 2009; Parikka ym. 2011). Ennakko-oletukset perustuvat kuitenkin lajikkeiden kestävyysolosuhteissa ja tämä tutkimus tehtiin laboratorio- eikä pelto-olosuhteissa, joissa hometartuntaan ja -violetuksiin vaikuttavat useammat tekijät. Lajikkeiden taudinkestävyyksissä on toisaalta aikaisemminkin löydetty eroja *Fusarium*-lajeja ja -isolaatteja vastaan laboratoriossa ja kasvihuoneella kauralla (Xue ym. 2015) ja vehnällä (Browne ja Cooke 2005b; Asran ja Eraky Amal 2011), joten lajikkeiden väliset erot taudinkestävyyksissä voivat johtua kunkin *Fusarium*-lajin ja -isolaatin virulenssitekijöistä ja pelto-olosuhteissa lisäksi sääoloista. Erot virulenssissä johtuvat luultavasti lajien ja isolaattien välillä olevista geneettisistä eroista, jotka vaikuttavat patogeenien ja isäntäkasvien vuorovaikutukseen.

*F. culmorum* alensi siementen itävyyttä, vioitti ituja ja häiritsi itujen kehitystä. Kauralajikkeiden violetusherkkyyksissä oli kuitenkin huomattavia eroja. Mitä enemmän *F. culmorum*-sienten rihmasto näytteissä oli, sitä alhaisempi itävyysprosentti ja enemmän violetuksia näytteissä oli. Fernandezin ym. (2009) tutkimuksessa *F. graminearum*, *F. avenaceum* ja *F. sporotrichioides* -sienillä tartutetut siemenet kuitenkin orastuivat huomattavasti vähemmän vehnällä alentuneen itämisprosentin ja orasvioletusten takia riippumatta *Fusarium*-tartunnan suuruudesta. Tässä tutkimuksessa *F. culmorum* häiritsi itujen normaalia kehitystä ja aiheutti enemmän vaillinaisesti itäneitä ituja ja ituvioletuksia kuin kontrollissa. *F. culmorum*-tartunta aiheuttaa isäntäkasvilla muun muassa soluliman ja soluelimien rappeutumista ja soluseinien hajoamista (Kang ja Buchenauer 2000). *F. culmorum* tuottaa DON-toksiinia (Bottalico ja Perrone 2002), jolla käsitellyt siemenet itävät vaillinaisesti ja joiden koleoptiilit ja juuret ovat lyhyempiä kuin terveillä siemenillä (Tekle ym. 2013). Tässä tutkimuksessa *F. culmorum*-sienellä tartutetuissa näytteissä violetukset olivat myös vakavampia kontrolliin verrattuna ja suurin osa näistä violetuksista näkyi juuristossa. Koleoptiileissa violetuksia oli hyvin vähän. Myös Warzechan ym. (2012) tutkimuksessa *F. culmorum* aiheutti kauran juurissa huomattavasti enemmän oireita kuin lehdissä ja Percyn ym. (2012) tutkimuksessa *Fusarium* aiheutti vähemmän violetuksia koleoptiileissa kauralla kuin vehnällä ja ohralla. Hysingin ja Wiikin (2014) havaitsivat puolestaan tutkimuksessaan, että korkeammilla *F. culmorum* -tartuntatasoilla iduilla esiintyi enemmän värvioletuksia juurien lisäksi myös korren tyvellä.

Tartutuksessa käytetty *F. culmorum* -kanta alensi kaikkien kauralajikkeiden itävyyttä, mutta tartutuskäsittelyllä ei ollut tilastollisesti merkittävää vaikutusta kuolleiden vaurioluokkiin ja kuolleita olikin näytteissä hyvin vähän. Tartukkeena ollut *F. culmorum* siis vain häiritsi siementen itämistä, sillä vaillinaisesti itäneitä ituja oli runsaasti. *F. culmorum* on tyypillinen siemenen kautta leviävä patogeeni, joka on vehnällä suurimpia syitä siementaimien kuolemiin sekä itämistä ennen että sen jälkeen (Scherin ym. 2013). Tässä tutkimuksessa käytetty isolaatti saattoi olla vähemmän virulentti tai tartukkeessa saattoi olla liian vähän itiöitä, koska kuolleita siemeniä oli niin vähän. *F. culmorum* -tartunta ei myöskään ollut luontainen. Pintatartutuksen takia itiöt olivat siementen pinnalla eivätkä ehkä ehtineet tunkeutua siementen sisään ennen idätystä. Tämä luultavasti vähensi *F. culmorum* -sienen kykyä alentaa siementen itävyyttä. Lisätutkimuksia voitaisiin tehdä siitä, missä vaiheessa ja millä mekanismeilla *Fusarium*-sienet tappavat siemenet. Myös siemenlevinnän merkitystä eri *Fusarium*-lajien ja toksiinien määrälle kauralla voitaisiin tutkia.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Peittaus vähensi homevioitusten määrää kauran siemenillä huomattavasti, mutta paransi niiden itävyyttä vain hieman. Tutkittujen peittausaineiden tehot itävyyden parantamisessa olivat laboratorio-olosuhteissa lähes yhtä hyvät, mutta vain CT-peittausaine (tehoaineet fludioksoniili, difenolikonatsoli ja tebukonatsoli) vähensi *Fusarium*-rihmaston määrää ja niiden aiheuttamia homevioituksia merkittävästi kauran siemenillä. BU- ja ZG-peittausaineet vähensivät homevioituksia yhtä tehokkaasti. CT-peittausaine tehosi erityisesti *F. graminearum* -sieneen, jota kasvoi *Fusarium*-lajeista eniten siemennäytteissä. Peittausaineet paransivat itävyyttä korkeassa tartuntatasossa, mutta terveillä siemenillä peittauksella ei juuri ollut vaikutusta itävyyteen.

Lajikkeiden itävyydessä ja homevioitusten määrässä oli eroja, mutta pääosin homevioituksia esiintyi enemmän huonosti itäneissä siemenerissä. Lajikkeiden itävyydet ja homevioitusten määrät vaihtelivat selvästi kasvukausien ja maantieteellisten alueiden välillä, mikä luultavasti johtuu sääolojen vaihteluista näiden välillä. Toisaalta yhden lajikkeen itävyys ja homevioitusten runsaus saattoi vaihdella suurestikin eri maantieteellisten alueiden välillä. Näiden erojen syitä on hankala selittää aineiston hajanaisuuden vuoksi. Eteläisemmässä Suomessa esiintyi kuitenkin pääosin vähemmän

homevioituksia kuin pohjoisemmassa. Eteläisemmässä Suomessa itävyyskin oli hieman parempi kuin pohjoisemmassa, mutta erot itävyydessä alueiden välillä olivat pienemmät kuin homevioitusten esiintymisessä. Lajikkeiden taudinkestävyyksissä oli laboratorioolosuhteissakin eroja, mutta *F. culmorum* alensi kaikkien lajikkeiden itävyyttä. Mitä enemmän siemenissä kasvoi *F. culmorum* -sientä, sitä alempi itävyys ja korkeampi vioitustaso siemenillä olivat. Tutkituista lajikkeista Fiia-lajikkella oli paras taudinkestävyys *F. culmorum* -sientä vastaan eli Fiia-lajikkeella oli korkein itävyys ja vähiten homevioituksia, kun taas Venla-lajikkeella oli huonoin taudinkestävyys. *F. culmorum* alensi kauran itävyyttä ja aiheutti vioituksia erityisesti juurissa. *F. culmorum* alensi siementen itävyyttä, häiritsi itujen kehitystä ja aiheutti useampia vaillinaisesti itäneitä siemeniä kuin kontrolli.

Idätysmenetelmät vaikuttivat sekä siementen itävyyteen että homevioitusten määrään laboratoriossa tehdyissä idätyskokeissa. Peittaus paransi hiekassa itävyyttä enemmän kuin paperi-idätyksessä. Kuitenkin hiekassa iduilla oli enemmän vioituksia kuin paperilla, missä peittausaineiden ja siementen itävyyksien väliset erot tulivat kuitenkin enemmän esiin. Hiekkaidätys kuvaa paremmin siementen itämiskykyä kuin paperi-idätys. Kauran siemenet itivät hiekkaidätyksessä paremmin, joten siementen itävyys on pellolla luultavasti parempi kuin paperi-idätyksellä tehdyssä idätyskokeessa. Hiekkaidätyksessä oli kuitenkin enemmän homevioituksia kuin paperi-idätyksessä.

## 9 KIITOKSET

Haluan kiittää Elintarviketurvallisuusvirasto Eviraa työn mahdollistamisesta. Lisäksi haluan kiittää ohjaajiani Asko Hannukkalaa ja Hanna Rantaa arvokkaista kommentteista sekä Eviran siemenjaoston laboratoriohenkilökuntaa avusta ja neuvoista.

## LÄHTEET

- Asran, M. R. & Eraky Amal, M. I. 2011. Aggressiveness of certain *Fusarium graminearum* isolates on wheat seedlings and relation with their Trichothecene production. *Plant Pathology Journal*. 10: 36–41.
- Bottalico, A. 1998. *Fusarium* diseases of cereals: Species complex and related mycotoxin profiles, in Europe. *Journal of Plant Pathology*. 80: 85–103.

- Bottalico, A. & Perrone, G. 2002. Toxigenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with head blight in small-grain cereals in Europe. *European Journal of Plant Pathology*. 108: 611–624.
- Browne, R. A. & Cooke, B. M. 2005a. A comparative assessment of potential components of partial disease resistance to *Fusarium* head blight using a detached leaf assay of wheat, barley and oats. *European Journal of Plant Pathology*. 112: 247–258.
- Browne, R. A. & Cooke, B. M. 2005b. Resistance of wheat to *Fusarium* spp. in an *in vitro* seed germination assay and preliminary investigations into the relationship with *Fusarium* head blight resistance. *Euphytica*. 141: 23–32.
- Chala, A., Weinert, J. & Wolf, G. A. 2003. An integrated approach to the evaluation of the efficacy of fungicides against *Fusarium culmorum*, the cause of head blight of wheat. *Journal of Phytopathology*. 151: 673–678.
- Chongo, G., Gossen, B. D., Kutcher, H. R., Gilbert, J., Turkington, T. K., Fernandez, M. R. & McLaren, D. 2001. Reaction of seedling roots of 14 crop species to *Fusarium graminearum* from wheat heads. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 23: 132–137.
- Czaban, J., Wróblewska, B., Sułek, A., Mikos, M., Boguszevska, E., Podolska, G. & Nieróbca, A. 2015. Colonisation of winter wheat grain by *Fusarium* spp. and mycotoxin content as dependent on a wheat variety, crop rotation, a crop management system and weather conditions. *Food additives & contaminants. Part A*. 32: 874–910.
- Diamond, H. & Cooke, B. M. 1999. Towards the development of a novel *in vitro* strategy for early screening of *Fusarium* ear blight resistance in adult winter wheat plants. *European Journal of Plant Pathology*. 105: 363–372.
- Divon, H. H., Razzaghian, J., Udnes-Aamot, H. & Klemsdal, S. S. 2012. *Fusarium langsethiae* (Torp and Nirenberg ), investigation of alternative infection routes in oats. *European Journal of Plant Pathology*. 132: 147–161.
- Doohan, F. M., Brennan, J. & Cooke, B. M. 2003. Influence of climatic factors on *Fusarium* species pathogenic to cereals. *European Journal of Plant Pathology*. 109: 755–768.
- ELY 2013. Kartta. <http://www.ely-keskus.fi/>. Vaasa, Suomi: Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Julkaistu 2013, tulostettu 13.11.2016.



- Euroopan Komissio 2006. Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Asetus no 1881. Annettu 19.12.2006. EUR-Lex-tietokanta: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX:32006R1881>. Tulostettu 13.11.2016.
- Evira 2016. Viljasadon laatu 2015. [https://www.evira.fi/kasvit/viljely-ja-tuotanto/viljan-laatu/tilastot-viljasadon-laadusta/viljasadon\\_laatu\\_2015/](https://www.evira.fi/kasvit/viljely-ja-tuotanto/viljan-laatu/tilastot-viljasadon-laadusta/viljasadon_laatu_2015/). Helsinki, Suomi: Elintarviketurvallisuusvirasto. Julkaistu 2016, tulostettu 13.11.2016.
- Fernandez, M. R. & Chen, Y. 2005. Pathogenicity of *Fusarium* species on different plant parts of spring wheat under controlled conditions. *Plant Disease*. 89: 164–169.
- Fernandez, M. R., Turkington, T. K. & May, W. E. 2009. Effectiveness of fungicide seed treatments for preventing seed-to-seedling transmission of *Fusarium graminearum* under controlled-environment conditions. *Canadian Journal of Plant Science*. 89: 811–821.
- Fredlund, E., Gidlund, A., Pettersson, H., Olsen, M. & Börjesson, T. 2010. Real-time PCR detection of *Fusarium* species in Swedish oats and correlation to T-2 and HT-2 toxin content . *World Mycotoxin Journal*. 3: 77–88.
- Fredlund, E., Gidlund, A., Sulyok, M., Börjesson, T., Krska, R., Olsen, M. & Lindblad, M. 2013. Deoxynivalenol and other selected *Fusarium* toxins in swedish wheat - occurrence and correlation to specific *Fusarium* species. *International Journal of Food Microbiology*. 167: 284–291.
- Gerlach, W. & Nierenberg, H. 1982. The Genus *Fusarium* – a Pictorial Atlas. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem. Kommissionverlag Paul Parey, Berlin und Hamburg. 406s.
- Gilbert, J., Conner, R. L., Fernandez, M. R., McLaren, D. & Woods, S. M. 2003. Role of spring wheat seed infested with *Fusarium graminearum* in spread and development of fusarium head blight and effects on agronomic performance. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 25: 73–81.
- Gilbert, J. & Tekauz, A. 1995. Effects of fusarium head blight and seed treatment on germination, emergence, and seedling vigour of spring wheat. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 17: 252–259.
- Gradmann, C. 2008. « Common sense , proper training and sound reasoning » – Koch’s postulates and 20th century medicine. *Michael Quarterly*. 5: 217–228.

- Henriksen, B. & Elen, O. 2005. Natural *Fusarium* grain infection level in wheat, barley and oat after early application of fungicides and herbicides. *Journal of Phytopathology*. 153: 214–220.
- Hietaniemi, V., Rämö, S., Yli-Mattila, T., Jestoi, M., Peltonen, S., Kartio, M., Sieviläinen, E., Koivisto, T. & Parikka, P. 2016. Updated survey of the *Fusarium* species and toxins in Finnish cereal grains. *Food Additives & Contaminants: Part A*. 33: 831–848.
- Hofgaard, I., Aamot, H. U., Torp, T., Jestoi, M., Lattanzio, V. M. T., Klemsdal, S. S., Waalwijk, C., van der Lee, T. & Brodal, G. 2016a. Associations between *Fusarium* species and mycotoxins in oats and spring wheat from farmers' fields in Norway over a six-year period. *World Mycotoxin Journal*. 9: 365–378.
- Hofgaard, I., Seehusen, T., Aamot, H. U., Riley, H., Razzaghian, J., Le, V. H., Hjelkrem, A. R., Dill-Macky, R. & Brodal, G. 2016b. Inoculum potential of *Fusarium* spp. relates to tillage and straw management in Norwegian fields of spring oats. *Frontiers in Microbiology*. 7 (556): 1–15.
- Hysing, S.-C. & Wiik, L. 2014. *Fusarium* seedling blight of wheat and oats: effects of infection level and fungicide seed treatments on agronomic characters. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*. 64: 537–546.
- Imathiu, S. M., Hare, M. C., Ray, R. V., Back, M. & Edwards, S. G. 2010. Evaluation of pathogenicity and aggressiveness of *F. langsethiae* on oat and wheat seedlings relative to known seedling blight pathogens. *European Journal of Plant Pathology*. 126: 203–216.
- Imathiu, S. M., Ray, R. V., Back, M., Hare, M. C. & Edwards, S. G. 2009. *Fusarium langsethiae* pathogenicity and aggressiveness towards oats and wheat in wounded and unwounded *in vitro* detached leaf assays. *European Journal of Plant Pathology*. 124: 117–126.
- Inch, S. A. & Gilbert, J. 2003. Survival of *Gibberella zeae* in *Fusarium* -Damaged Wheat Kernels. *Plant Disease*. 87: 282–287.
- International Seed Testing Association, ISTA. 2015. International Rules for Seed Testing 2015 Chapter 5: The germination test. The International Seed Testing Association. (1): i-5-56.
- Ivanova, L., Skjerve, E., Eriksen, G. S. & Uhlig, S. 2006. Cytotoxicity of enniatins A, A1, B, B1, B2 and B3 from *Fusarium avenaceum*. *Toxicon*. 47 (8): 868–876.

- Jalli, M. & Parikka, P. 2012. Kevätviljat, Kasvitaudit. Teoksessa: Ahvenniemi, P. (toim.). Ajankohtaisia kasvinsuojeluohjeita. Hämeenlinna: Kasvinsuojeluseura ry:n julkaisuja n:o 103. s.53–55
- Jamalainen, A. E. 1947. Viljan peittauskokeet maatalouskoelaitoksen kasvitautiliasastolla vuosina 1943–1946. Valtion maatalouskoetoiminnan tiedonantoja. 213: 13 s.
- Jestoi, M., Paavanen-Huhtala, S., Uhlig, S., Rizzo, A. & Yli-Mattila, T. 2004. Mycotoxins and cytotoxicity of Finnish *Fusarium* strains grown on rice cultures. Teoksessa: Canty, S. M., Boring, T., Versdahl, K., Wardwell, J. & Ward, R. W. (toim.). Proceedings of the 2nd International Symposium on Fusarium Head Blight incorporating the 8th European *Fusarium* Seminar volume 2, December 11–15 2004, Orlando, FL, USA. Michigan State University, MI, East Lansing. s. 405–409.
- Jørgensen, L. N., Nielsen, L. K. & Nielsen, B. J. 2012. Control of seedling blight in winter wheat by seed treatments – impact on emergence, crop stand, yield and deoxynivalenol. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science. 62: 1–10.
- Kang, Z. & Buchenauer, H. 2000. Cytology and ultrastructure of the infection of wheat spikes by *Fusarium culmorum*. Mycological Research. 104: 1083–1093.
- Kitunen, E. 1954. Siemenien mukana leviävien kasvitautilien esiintyminen siementavarassa. Maatalous ja koetoiminta. 8: 153–160.
- Kokkonen, M., Ojala, L., Parikka, P. & Jestoi, M. 2010. Mycotoxin production of selected *Fusarium* species at different culture conditions. International Journal of Food Microbiology. 143: 17–25.
- Langevin, F., Eudes, F. & Comeau, A. 2004. Effect of trichothecenes produced by *Fusarium graminearum* during Fusarium head blight development in six cereal species. European Journal of Plant Pathology. 110: 735–746.
- Langseth, W. & Elen, O. 1997. The Occurrence of Deoxynivalenol in Norwegian Cereals — Differences between Years and Districts , 1988-1996. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science. 47: 176–184.
- Langseth, W. & Rundberget, T. 1999. The occurrence of HT-2 toxin and other trichothecenes in Norwegian cereals. Mycopathologia. 147: 157–165.
- Lewandowski, Sharon M., Bushnell, W. R. & Evans, C. K. 2006. Distribution of Mycelial Colonies and Lesions in Field-Grown Barley Inoculated with *Fusarium graminearum*. Phytopathology. 96: 567–581.

- Lindblad, M., Börjesson, T., Hietaniemi, V. & Elen, O. 2012. Statistical analysis of agronomical factors and weather conditions influencing deoxynivalenol levels in oats in Scandinavia. *Food Additives & Contaminants: Part A*. 29: 1566–1571.
- Liu, W., Langseth, W., Skinnes, H., Elen, O. N. & Sundheim, L. 1997. Comparison of visual head blight ratings, seed infection levels, and deoxynivalenol production for assessment of resistance in cereals inoculated with *Fusarium culmorum*. *European Journal of Plant Pathology*. 103 (7): 589–595.
- Loeffler, F. 1884. Untersuchung über die Bedeutung der Mikroorganismen für die Entstehung der Diphtherie beim Menschen, bei der Taube und beim Kalbe. *Mittheilungen aus dem kaiserlichen Gesundheitsamte*. 2: 421–499.
- Luonnonvarakeskus. 2016a. Teollisuuden ja kaupan viljan osto-, käyttö- ja varastotilastot. <http://stat.luke.fi/teollisuuden-ja-kaupan-viljan-osto-kaytto-ja-varastotilastot>. Helsinki, Suomi: Suomen virallinen tilasto (SVT). Julkaistu 2016, tulostettu 13.11.2016.
- Luonnonvarakeskus. 2016b. Käytössä oleva maatalousmaa. <http://stat.luke.fi/kaytossa-oleva-maatalousmaa>. Helsinki, Suomi: Suomen virallinen tilasto (SVT). Julkaistu 2016, tulostettu 13.11.2016.
- Luonnonvarakeskus. 2016c. Luomusato 2015. [http://stat.luke.fi/luomusato-2015\\_fi](http://stat.luke.fi/luomusato-2015_fi). Helsinki, Suomi: Luonnonvarakeskus. Julkaistu 2016, tulostettu 13.11.2016.
- May, W. E., Fernandez, M. R. & Lafond, G. P. 2010. Effect of fungicidal seed treatments on the emergence, development, and grain yield of *Fusarium graminearum*-infected wheat and barley seed under field conditions. *Canadian Journal of Plant Science*. 90: 893–904.
- Menniti, A. M., Pancaldi, D., Maccaferri, M. & Casalini, L. 2003. Effect of fungicide treatments on *Fusarium* head blight and deoxynivalenol content in wheat kernels. *European Journal of Plant Pathology*. 109: 109–115.
- Mesterházy, A. 1995. Types and components of resistance to *Fusarium* head blight of wheat. *Plant Breeding*. 114: 377–386.
- Mucklow, P. 2013. Guide for counting algae/spores with a counting chamber. <http://evolution.unibas.ch/ebert/lab/counting.htm>. Basel, Sveitsi: Universität Basel, Zoologisches Institut. Julkaistu 2013, tulostettu 13.11.2016.
- Mäkelä, K. & Parikka, P. 1980. Root and foot rot diseases of cereals in southern Finland in 1975–1978. *Annales Agriculturae Fenniae*. 19 (1): 223–253.

- Nielsen, L. K., Jensen, J. D., Nielsen, G. C., Jensen, J. E., Spliid, N. H., Thomsen, I. K., Justesen, A. F., Collinge, D. B. & Jørgensen, L. N. 2011. *Fusarium* head blight of cereals in Denmark: species complex and related mycotoxins. *Phytopathology*. 101: 960–969.
- Parikka, P., Hakala, K. & Tiilikkala, K. 2012. Expected shifts in *Fusarium* species' composition on cereal grain in Northern Europe due to climatic change. *Food additives & contaminants. Part A*. 29: 1543–1555.
- Parikka, P., Hietaniemi, V. & Kaukoranta, T. 2011. Viljan punahomeiden ennustemalli kehitteillä. *Maaseudun Tiede*. 1: 3.
- Parikka, P., Jalli, H., Vihervirta, T., Hietaniemi, V. & Rämö, S. 2005. Suorakylvö vaikuttaa viljasadon sienilajistoon. *Koetoiminta ja käytäntö*. 3: 13.
- Parikka, P., Kangas, A., Weckman, A. & Högnäsbacka, M. 2009. Viljalajikkeiden alttius punahomeelle vaihtelee. *Maaseudun tiede*. 4: 13.
- Parikka, P., Kaukoranta, T., Hietaniemi, V., Jestoi, M., Sarlin, T., Holopainen, U. & Laitila, A. 2014. *Fusarium*-homeet viljassa. MTT Raportti 153. Jokioinen: MTT Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. 59 s.
- Parry, D. W., Jenkinson, P. & McLeod, L. 1995. *Fusarium* ear blight (scab) in small grain cereals—a review . *Plant pathology*. 44: 207–238.
- Paul, P. A., Lipps, P. E., Hershman, D. E., McMullen, M. P., Draper, M. A. & Madden, L. V. 2008. Efficacy of triazole-based fungicides for *Fusarium* head blight and deoxynivalenol control in wheat: a multivariate meta-analysis. *Phytopathology*. 98: 999–1011.
- Percy, C. D., Wildermuth, G. B. & Sutherland, M. W. 2012. Symptom development proceeds at different rates in susceptible and partially resistant cereal seedlings infected with *Fusarium pseudograminearum*. *Australasian Plant Pathology*. 41 (6): 621–631.
- Pereyra, S. A., Dill-Macky, R. & Sims, A. L. 1999. Survival and inoculum potential of *Fusarium graminearum* in wheat residues. Teoksessa: Wagester, J. A., Ward, R., Hart, P., Hazen, S. P., Lewis, J. & Borden, H. (toim.). 1999 National *Fusarium* Head Blight Forum. (December 5-7 1999, Sioux Falls, South Dakota). Michigan State University, East Lansing, MI. s. 96–99.
- Perkowski, J. & Kiecana, I. 1997. Reduction of yield and mycotoxin accumulation in oat cultivars after *Fusarium culmorum* inoculation. *Cereal Research Communications*. 25: 801–803.

- Pinkka. 2016. Peltokaura. <http://h108.it.helsinki.fi/virtuaalikasvio/plant.php?id=1897>. Helsinki, Suomi: Lajintuntemuksen oppimisympäristö. Helsingin yliopisto. Tulostettu 25.9.2016
- Rautala, T., Hietaniemi, V., Rämö, S., Koivisto, T., Ovaskainen, M.-L., Sinkko, H., Kronberg-Kippilä, Ca., Hirvonen, T., Liukkonen, K.-H., Kartio, M. & Hallikainen, A. 2008. *Fusarium*-toksiinit: saanti viljasta ja viljatuotteista aikuisilla Suomessa. *Eviran tutkimuksia*. 5: 40s.
- Rossi, V., Ravanetti, A., Patteri, E. & Giosuè, S. 2001. Influence of temperature and humidity on the infection of wheat spikes by some fungi causing *Fusarium* head blight. *Journal of Plant Pathology*. 83: 189–198.
- Salas, B., Steffenson, B. J., Casper, H. H., Tacke, B., Prom, L. K., Fetch, T. G. & Schwarz, P. B. 1999. Species Pathogenic to Barley and Their Associated Mycotoxins. *Plant Disease*. 83: 667–674.
- Scherm, B., Balmas, V., Spanu, F., Pani, G., Delogu, G., Pasquali, M. & Migheli, Q. 2013. *Fusarium culmorum*: Causal agent of foot and root rot and head blight on wheat. *Molecular Plant Pathology*. 14: 323–341.
- Shimada, T. & Otani, M. 1990. Effects of *Fusarium* mycotoxins on the growth of shoots and roots at germination in some Japanese wheat cultivars. *Cereal Research Communications*. 18: 229–232.
- Sinha, K. K. & Bhatnagar, D. 1998. *Mycotoxins in Agriculture and Food Safety*. CRC Press. 520 s.
- Šliková, S., Šrobárová, A., Šudyová, V., Polišínská, I., Gregová, E. & Mihálik, D. 2010. Response of oat cultivars to *Fusarium* infection with a view to their suitability for food use. *Biologia*. 65: 609–614.
- Sundheim, L., Brodal, G., Hofgaard, I. & Rafoss, T. 2013. Temporal Variation of Mycotoxin Producing Fungi in Norwegian Cereals. *Microorganisms*. 1: 188–198.
- Tekle, S., Dill-Macky, R., Skinnies, H., Tronsmo, A. M. & Bjørnstad, Å. 2012. Infection process of *Fusarium graminearum* in oats (*Avena sativa* L.). *European Journal of Plant Pathology*. 132: 431–442.
- Tekle, S., Skinnies, H. & Bjørnstad, Å. 2013. The germination problem of oat seed lots affected by *Fusarium* head blight. *European Journal of Plant Pathology*. 135: 147–158.

- Thrane, U., Adler, A., Clasen, P.-E., Galvano, Fa., Langseth, W., Lew, H., Logrieco, A., Nielsen, K. F. & Ritieni, A. 2004. Diversity in metabolite production by *Fusarium langsethiae*, *Fusarium poae*, and *Fusarium sporotrichioides*. International Journal of Food Microbiology. 95: 257–266.
- Torp, M. & Nirenberg, H. I. 2004. *Fusarium langsethiae* sp. nov. on cereals in Europe. International Journal of Food Microbiology. 95: 247–256.
- Uhlig, S., Jestoi, M. & Parikka, P. 2007. *Fusarium avenaceum* - The North European situation. International Journal of Food Microbiology. 119: 17–24.
- Uoti, J. 1979. Study of control of seed-borne *Fusarium* in cereals. Annales Agriculturae Fenniae. 18: 149–153.
- Uoti, J. & Ylimäki, A. 1974. The occurrence of *Fusarium* species in cereal grain in Finland. Annales Agriculturae Fenniae. 13: 5–17.
- Wang, H., Hwang, S. F., Eudes, F., Chang, K. F., Howard, R. J. & Turnbull, G. D. 2006. Trichothecenes and aggressiveness of *Fusarium graminearum* causing seedling blight and root rot in cereals. Plant Pathology. 55: 224–230.
- Warzecha, T., Zieliński, A., Skrzypek, E., Wójtowicz, T. & Moś, M. 2012. Effect of mechanical damage on vigor, physiological parameters, and susceptibility of oat (*Avena sativa*) to *Fusarium culmorum* infection. Phytoparasitica. 40: 29–36.
- Xu, X. & Nicholson, P. 2009. Community ecology of fungal pathogens causing wheat head blight. Annual review of Phytopathology. 47: 83–103.
- Xue, A. G., Chen, Y., Marchand, G., Guo, W., Ren, C., Savard, M. & McElroy, A. R. B. 2015. Timing of inoculation and *Fusarium* species affect the severity of *Fusarium* head blight on oat. Canadian Journal of Plant Science. 95: 517–524.
- Ylimäki, A. 1981. The mycoflora of cereal seeds and some feedstuffs. Annales Agriculturae Fenniae. 20: 74–88.
- Ylimäki, A., Koponen, H., Hintikka, E.-L., Nummi, M., Niku-Paavola, M.-L., Ilus, T. & Enari, T.-M. 1979. Mycoflora and occurrence of *Fusarium* toxins in Finnish grain. Materials and Processing Technology Publication. 21: 28 s.
- Yli-Mattila, T., Paavanen-Huhtala, S., Jestoi, M., Parikka, P., Hietaniemi, V., Gagkaeva, T., Sarlin, T., Haikara, A., Laaksonen, S. & Rizzo, A. 2008. Real-time PCR detection and quantification of *Fusarium poae*, *F. graminearum*, *F. sporotrichioides* and *F. langsethiae* in cereal grains in Finland and Russia. Archives Of Phytopathology And Plant Protection. 41 (4): 243–260.

## LIITE 1: ITÄVYYSTULOSAINEISTON NÄYTTEIDEN LUKUMÄÄRÄT

Taulukko 1. Kauralajikkeiden eri maantieteellisiltä alueilta otettujen näytteiden lukumäärät ja peittauskäsittelyt idätyskokeiden tulosaineistossa kolmena kasvukautena. Osa näytteistä on kyseisen vuoden satoa ja osa on ylivuotisia siemeniä. P = peittaamaton, B = Baytan Universal FS 094, C = Cedomon, CF = Celest Formula M, FA = Fungazil A 25, FE = Fungazil E, L = Lamardor FS 400 ja Z = Zardex G.

Maantie- teellinen alue	Lajike	2012 Luku- määrä	Peittauskäsittely	2013 Luku- määrä	Peittauskäsittely	2014 Luku- määrä	Peittauskäsittely
Etelä- Pohjanmaa	Akseli	174	P, CF, Z	177	P, Z	117	P, Z
	Belinda	3	P	0		0	
	Marika	48	P, CF, L	0		0	
	Peppi	57	P, Z	21	P	24	P
	Riina	0		0		12	P, FA, Z
	Roope	0		3	P	3	P
	Venla	0		0		3	P
	Viviana	6	P	3	P	3	P
	Yhteensä	288	P, CF, L, Z	204	P, Z	162	P, FA, Z
Etelä-Savo	Akseli	69	P, CF, FE, L, Z	105	P, CF, FE, L, Z	57	P, CF, L, Z
	Peppi	51	P, CF, FE, Z	30	P, CF, Z	21	P, CF, L
	Viviana	12	P, FE	9	P, CF, Z	6	P, CF
	Yhteensä	132	P, CF, FE, L, Z	144	P, CF, FE, L, Z	84	
Häme	Akseli	90	P, B, Z	129	P, C, CF, Z	105	P, Z
	Belinda	15	P, Z	57	P, L, Z	18	P, L, Z
	Bettina	45	P, L	27	P, L	27	P, L
	Eemeli	3	Z	3	Z	0	
	Fiia	6	P, Z	0		0	
	Iiris	6	Z	3	Z	0	
	Marika	45	P, L	42	P, L	39	P, L
	Peppi	15	P, Z	15	P, Z	6	P
	Riina	3	Z	18	Z	33	P, Z
	Ringsaker	120	P, L	63	P, L	105	P, L
	Rocky	66	P, B, CF, FE, Z	66	P, Z	45	P, Z
	Roope	18	P, Z	6	Z	12	P, Z
	Steinar	21	P, Z	6	Z	9	Z
	Venla	24	P, Z	21	P, Z	9	P, Z
	Viviana	15	P, Z	9	Z	0	
	Yhteensä	492	P, B, CF, FE, L, Z	465	P, C, CF, L, Z	408	P, L, Z
Keski- Suomi	Akseli	66	P, CF, Z	111	P, FA, FE, Z	93	P, FE, Z
	Peppi	30	P, Z	21	P, CF, Z	21	P, Z
	Riina	0		0		21	P, Z
	Roope	18	P, CF, Z	27	P, CF, Z	0	
	Yhteensä	114	P, CF, Z	159	P, CF, FA, FE, Z	135	P, FE, Z

(Jatkuu)



Taulukko jatkuu

Maantie- teellinen alue	Lajike	2012		2013		2014	
		Luku- määrä	Peittauskäsittely	Luku- määrä	Peittauskäsittely	Luku- määrä	Peittauskäsittely
Pirkanmaa	Akseli	54	P, Z	48	P, Z	3	P
	Belinda	24	P, Z	30	P	6	P
	Peppi	18	P, Z	0		0	
	Riina	0		0		21	P, Z
	Rocky	24	P, Z	18	P, Z	3	Z
	Viviana	51	P, Z	66	P, Z	3	P
	Yhteensä	171	P, Z	162	P, Z	36	P, Z
Pohjanmaa	Akseli	84	P, C, FA, Z	99	P, Z	54	P, Z
	Belinda	9	P	42	P	3	P
	Peppi	15	P	0		0	
	Riina	0		0		30	P, Z
	Roope	21	P	0		3	P
	Venla	12	P, FA	6	P, Z	0	
	Yhteensä	141	P, C, FA, Z	147	P, Z	90	P, Z
Pohjois- Karjala	Akseli	78	P, B, FE	126	P, Z	72	P, FE, Z
	Riina	0		0		15	P, FE
	Roope	39	P	33	P, Z	15	P
	Venla	54	P	63	P, FA, FE	33	P, FE
	Yhteensä	171	P, B, FE	222	P, FA, FE, Z	135	P, FE, Z
Pohjois- Pohjanmaa	Akseli	18	P, C, FE	0		0	
	Marika	66	P, L	102	P, L	57	P, L
	Ringsaker	0		27	P, L	0	
	Yhteensä	84	P, C, FE, L	129	P, L	57	P, L
Pohjois- Savo	Akseli	153	P, B, FA, FE, L, Z	363	P, B, CF, FA, FE, L, Z	213	P, CF, L, Z
	Belinda	15	P, Z	0		6	P, Z
	Marika	51	P, L, Z	15	P, L	12	P, L
	Peppi	93	P, CF, FE, L, Z	33	P, L, Z	18	P, FA, L
	Riina	0		0		3	P
	Ringsaker	36	P, L	45	P, L	33	P, L
	Rocky	0		6	P	0	
	Roope	3	P	0		0	
	Venla	27	P, Z	12	P, Z	12	P, Z
	Yhteensä	378	P, B, CF, FA, FE, L, Z	474	P, B, CF, FA, FE, L, Z	297	P, CF, FA, L, Z
Satakunta	Akseli	129	P, B, Z	186	P, B, Z	129	P, Z
	Belinda	39	P, B, Z	15	P, B	15	P, B, Z
	Peppi	12	P, Z	15	P	6	P
	Riina	0		0		27	P, Z
	Rocky	75	P, B, Z	63	P, B, Z	69	P, B, Z
	Roope	9	P, Z	0		0	
	Venla	15	P, Z	24	P, Z	12	P, Z
	Viviana	21	P, Z	15	P, Z	9	P, Z
	Yhteensä	300	P, B, Z	318	P, B, Z	267	P, B, Z

(Jatkuu)

Taulukko jatkuu

Maantie- teellinen alue	Lajike	2012		2013		2014	
		Luku- määrä	Peittauskäsittely	Luku- määrä	Peittauskäsittely	Luku- määrä	Peittauskäsittely
Uusimaa	Akseli	156	P, B, C, CF, Z	195	P, B, C, CF, Z	123	P, B, C, CF, Z
	Belinda	3	P	12	P, Z	0	
	Bettina	18	P, L	15	P, L	15	P, L
	Eemeli	105	C	99	C	51	C
	Fiia	18	C	42	C, CF	27	C
	Iiris	60	P, C, CF, Z	27	C, CF	21	P, Z
	Rocky	6	FA, Z	21	P, Z	9	P, Z
	Steinar	111	C, CF, Z	75	C, CF	30	C, CF, Z
	Yhteensä	477	P, B, C, CF, FA, L, Z	486	P, B, C, CF, L, Z	276	P, B, C, CF, L, Z
Varsinais- Suomi	Akseli	246	P, C, CF, Z	213	P, C, CF, Z	132	P, C, CF, Z
	Belinda	27	P, L	0		0	
	Bettina	21	P, L	54	P, L	24	P, L
	Eemeli	93	P, C, Z	90	C, Z	33	C
	Fiia	45	C, Z	39	C, Z	36	C
	Iiris	36	CF, Z	66	CF	0	
	Marika	15	P, L	21	P, L	21	P, L
	Peppi	6	Z	0		0	
	Riina	0		0		18	P, Z
	Ringsaker	42	P, L	63	P, L	24	P, L
	Rocky	75	P, CF, Z	42	P, Z	24	P, CF, Z
	Steinar	150	C, CF, Z	69	C, CF, Z	48	C, CF, Z
	Venla	3	P	3	P	0	
	Viviana	18	P, CF	3	P	6	P, Z
	Yhteensä	777	P, C, CF, L, Z	663	P, C, CF, L, Z	366	P, C, CF, L, Z
Kaikki	Yhteensä	3525		3573		2313	

Taulukko 2. Neljän tarkempaan analyysiin valitun kauralajikkeen eri maantieteellisiltä alueilta otettujen näytteiden lukumäärät ja peittauskäsittelyt idätyskokeiden tulosaineistossa kolmena kasvukautena. P = peittaamaton, B = Baytan Universal FS 094, CF = Celest Formula M, FA = Fungazil A 25, FE = Fungazil E, L = Lamardor FS 400 ja Z = Zardex G.

Maantie- teellinen alue	Kasvu- kausi	Akseli		Rocky		Peppi		Marika	
		Luku- määrä	Peittaus- käsittely	Luku- määrä	Peittaus- käsittely	Luku- määrä	Peittaus- käsittely	Luku- määrä	Peittaus- käsittely
Etelä- Pohjanmaa	2012	48	P, CF, Z						
	2013	18	P, Z						
	2014	6	P, Z						
Etelä-Savo	2012	48	P, CF, FE, L, Z			24	P, CF, FE, Z		
	2013	84	P, CF, FE, L, Z			18	P, CF, Z		
	2014	30	P, CF, L, Z			6	P, CF		
Häme	2012	30	P, B, Z	54	P, B, CF, FE, Z				
	2013	54	P, CF, Z	42	P, Z				
	2014	48	P, Z	36	P, Z				
Keski- Suomi	2012	24	P, CF, Z			12	P, Z		
	2013	78	P, FA, FE, Z			12	P, CF, Z		
	2014	60	P, FE, Z			12	P, Z		
Pohjanmaa	2012	42	P, FA, Z						
	2013	36	P, Z						
	2014	30	P, Z						
Pohjois- Pohjanmaa	2012							30	P, L
	2013							96	P, L
	2014							6	P, L
Pohjois- Savo	2012	72	P, FA, FE, L, Z			72	P, FE, L, Z	48	P, L, Z
	2013	228	P, B, CF, FA, L, Z			24	P, L, Z	12	P, L
	2014	84	P, CF, L, Z			6	P, L	6	P, L
Satakunta	2012	66	P, B, Z	54	P, B, Z				
	2013	108	P, B, Z	42	P, B, Z				
	2014	72	P, Z	48	P, B, Z				
Varsinais- Suomi	2012	30	P, CF, Z	18	P, Z				
	2013	12	P, CF, Z	12	P, Z				
	2014	6	P, Z	6	P, CF				

## LIITE 2: MORFOLOGINEN LUOKITUS

Taulukko 1. Sienilajien tunnistamisessa käytetyt morfologiset luokat.

Luokka	Yleisilme	Rihmasto	Maljan alapuolella
A	nopea, hyvin hattaramainen	väri melko tasainen, voi olla tupsuja, vaaleanpunainen, valkoinen	vyöhykkeinen, punainen/vaaleanpunainen
B	nopea, matalahko, villava, tiivis	vyöhykkeinen, vaaleanpunainen, keltainen, valkoinen	vyöhykkeinen, punertava, ruskehtava
C	nopea, matala, ei niin villava, tiivis	väri kirjava, vaaleanpunainen, oranssihtava, valkoinen	vyöhykkeinen, vaalea, punaista/ruskeaa vain vähän keskellä
D	nopea, litteä, tasavärinen, tiivis	ruskeanpunainen	leveät vyöhykkeet, tasainen väri alta
E	nopea, matala, tiivis	vyöhykkeinen, punertavan oranssi, keltainen	vyöhykkeinen, vaalean ruskean kellertävä tai punertava
F	nopea, tasainen, villava, tiivis	tasainen väri, vaaleanpunainen rihma	vaaleanpunainen, vähän pigmenttiä alustassa, väri rihmasta
G	keskinopea, villavuutta, tiivis	vaaleanpunainen, viinipunainen, paakkuinen rihma	ei vyöhykkeitä, viinipunainen, ruskea, paakkuinen rihma
H	hidas, matalahko, pumpulimainen	vyöhykkeinen valkoista, punertava tai oranssihtava	vyöhykkeinen, tummahkon punainen, paakkuinen rihma reunassa
I	tasainen	vaalean punertava	hieman vyöhykkeisyyttä, oranssin punertava, keltainen
J	nopea, runsas, epätasainen	harmaa, kellertävää tai punertavaa	vyöhykkeinen, tumman ruskean viinipunainen
K	epätasainen	vaalea, keltainen, punertavan oranssi, tumman harmaa	vyöhykkeinen, ruskea, oranssihtava, vaalea
L	villava, pullea	vyöhykkeinen, vaalea, okra	kapeat vyöhykkeet, tumman ruskea-väritön
M	nopea, matala, tasavärinen	keltainen, piikkimäinen	hieman vyöhykkeisyyttä, keltainen
N	”tahmainen”, hattaramainen, epätasainen, harva	persikka, valkoinen	ei vyöhykkeitä tai hieman, kellertävän vaalea
O	nopea, vaalea, villava	ei kovin paksu, vyöhykkeinen	vyöhykkeinen, ei punaisia värejä
P	hidas, matala	okra	sama okran väri alla ja päällä, vyöhykkeet
Q	nopea, tasainen	melko tasavärinen, kelta-valkoinen	vyöhykkeinen, alta ruskea-väritön
Z	muuta kuin <i>Fusarium</i> -lajeja		

### LIITE 3: PEITTAUKSEN, LAJIKKEIDEN, KASVUKAUSIEN JA MAANTIETEELLISTEN ALUEIDEN VAIKUTUSTEN TILASTOLLISET MERKITTÄVYYDET ITÄVYYSTULOSAINEISTOSSA

Taulukko 1. Itävyystulosaineiston käsittelyjen tilastolliset merkittävyydet siementen itävyyteen ja homevioitusten esiintymiseen koko itävyystulosaineistossa.

Peittauksen vaikutus itävyyssluokkiin (p <0,001)			
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Kynnys normaalisti itäneet	11,264	0,009	< 0,001
Kynnys vaillinaisesti itäneet	27,569	0,011	< 0,001
Peittaamaton	1,050	0,012	< 0,001
Peitattu	0 <sup>a</sup>		
Peittauksen vaikutus homevioituksiin (p <0,001)			
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Leikkauspiste	0,083	0,090	< 0,001
Peittaamaton	2,556	0,111	< 0,001
Peitattu	0 <sup>a</sup>		
Lajikkeiden vaikutukset itävyyssluokkiin (p <0,001)			
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Kynnys normaalisti itäneet	10,479	0,037	< 0,001
Kynnys vaillinaisesti itäneet	25,790	0,037	< 0,001
Akseli	0,983	0,038	0,647
Belinda	0,576	0,055	< 0,001
Bettina	0,472	0,066	< 0,001
Eemeli	0,566	0,051	< 0,001
Fiia	0,545	0,066	< 0,001
Iiris	1,444	0,051	< 0,001
Marika	1,271	0,043	< 0,001
Peppi	1,059	0,045	0,206
Riina	0,892	0,058	0,051
Ringsaker	0,474	0,052	< 0,001
Rocky	1,062	0,044	0,171
Roope	1,299	0,053	< 0,001
Steinar	1,285	0,044	< 0,001
Venla	0,792	0,052	< 0,001
Viviana	0 <sup>a</sup>		
Lajikkeiden vaikutukset homevioituksiin (p <0,001)			
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Leikkauspiste	0,045	0,511	< 0,001
Akseli	4,047	0,516	0,007
Belinda	0,571	0,777	0,470
Bettina	0,556	0,880	0,505
Eemeli	0,141	1,126	0,082
Fiia	0,318	1,129	0,310
Iiris	6,246	0,584	0,002
Marika	7,519	0,537	< 0,001

(jatkuu)

Taulukko jatkuu

Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Peppi	3,684	0,555	0,019
Riina	1,794	0,691	0,397
Ringsaker	0,242	0,876	0,105
Rocky	3,250	0,553	0,033
Roope	4,148	0,608	0,019
Steinar	3,935	0,554	0,013
Venla	1,248	0,661	0,999
Viviana	0 <sup>a</sup>		
Maantieteellisten alueiden vaikutukset itävyysluokkiin (p <0,001)			
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Kynnys normaalisti itäneet	15,152	0,016	< 0,001
Kynnys vaillinaisesti itäneet	37,286	0,051	< 0,001
Etelä-Pohjanmaa	1,577	0,016	< 0,001
Etelä-Savo	2,174	0,017	< 0,001
Häme	0,991	0,027	0,718
Keski-Suomi	1,949	0,031	< 0,001
Pirkanmaa	1,259	0,035	< 0,001
Pohjanmaa	1,580	0,033	< 0,001
Pohjois-Karjala	1,653	0,030	< 0,001
Pohjois-Pohjanmaa	2,013	0,036	< 0,001
Pohjois-Savo	2,242	0,022	< 0,001
Satakunta	0,841	0,030	< 0,001
Uusimaa	1,365	0,024	< 0,001
Varsinais-Suomi	0 <sup>a</sup>		
Maantieteellisten alueiden vaikutukset homevioletuksiin (p <0,001)			
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Leikkauspiste	0,069	0,154	< 0,001
Etelä-Pohjanmaa	2,264	0,274	< 0,001
Etelä-Savo	3,420	0,251	0,521
Häme	0,851	13627,621	0,999
Keski-Suomi	4,844	0,249	< 0,001
Pirkanmaa	1,211	0,350	0,584
Pohjanmaa	2,180	0,296	0,008
Pohjois-Karjala	2,677	0,257	< 0,001
Pohjois-Pohjanmaa	8,924	0,264	< 0,001
Pohjois-Savo	6,161	0,190	< 0,001
Satakunta	0,824	0,293	0,508
Uusimaa	1,321	0,232	0,231
Varsinais-Suomi	0 <sup>a</sup>		
Kasvukausien vaikutukset itävyysluokkiin (p <0,001)			
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Kynnys normaalisti itäneet	15,912	0,014	< 0,001
Kynnys vaillinaisesti itäneet	39,032	0,016	< 0,001
2012	1,808	0,017	< 0,001
2013	1,413	0,018	< 0,001
2014	0 <sup>a</sup>		

(jatkuu)

Taulukko jatkuu

Kasvukausien vaikutukset homevioituksiin ( $p < 0,001$ )			
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Leikkauspiste	0,058	0,147	$< 0,001$
2012	3,500	0,165	$< 0,001$
2013	2,505	0,170	$< 0,001$
2014	0 <sup>a</sup>		

<sup>a</sup> Koejäsen, johon muita on verrattu

Taulukko 2. Itävyystulosaineiston käsittelyjen yhdysvaikutusten tilastolliset merkittävyydet siementen itävyyteen ja homevioitusten esiintymiseen itävyystulosaineiston tarkempaan analyysiin valituilla neljällä lajikkeella.

Peittauksen ja lajikkeiden vaikutukset itävyysluokkiin ( $p < 0,001$ )			
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Kynnys normaalisti itäneet	10,567	0,049	$< 0,001$
Kynnys vaillinaisesti itäneet	28,960	0,051	$< 0,001$
Peittaamaton*Akseli	1,316	0,054	$< 0,001$
Peittaamaton*Marika	2,279	0,064	$< 0,001$
Peittaamaton*Peppi	1,577	0,071	$< 0,001$
Peittaamaton*Rocky	1,147	0,068	0,043
Peitattu*Akseli	1,174	0,054	0,003
Peitattu*Marika	1,732	0,066	$< 0,001$
Peitattu*Peppi	1,452	0,072	$< 0,001$
Peitattu*Rocky	0 <sup>a</sup>		
Peittauksen ja lajikkeiden vaikutukset homevioituksiin ( $p < 0,001$ )			
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Leikkauspiste	0,083	0,300	$< 0,001$
Peittaamaton*Akseli	5,563	0,312	$< 0,001$
Peittaamaton*Marika	24,000	0,355	$< 0,001$
Peittaamaton*Peppi	9,474	0,361	$< 0,001$
Peittaamaton*Rocky	3,600	0,356	$< 0,001$
Peitattu*Akseli	0,874	0,338	0,690
Peitattu*Marika	1,263	0,427	0,584
Peitattu*Peppi	1,600	0,430	0,274
Peitattu*Rocky	0 <sup>a</sup>		
Peittauksen ja kasvukausien vaikutukset itävyysluokkiin ( $p < 0,001$ )			
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Kynnys normaalisti itäneet	14,268	0,046	$< 0,001$
Kynnys vaillinaisesti itäneet	39,154	0,048	$< 0,001$
Peittaamaton*2012	2,332	0,053	$< 0,001$
Peittaamaton*2013	2,038	0,052	$< 0,001$
Peittaamaton*2014	1,097	0,064	0,148
Peitattu*2012	2,086	0,053	$< 0,001$
Peitattu*2013	1,695	0,053	$< 0,001$
Peitattu*2014	0 <sup>a</sup>		

(jatkuu)

Taulukko jatkuu

Peittauksen ja kasvukausien vaikutukset homevioituksiin ( $p < 0,001$ )			
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Leikkauspiste	0,013	0,581	< 0,001
Peittaamaton*2012	55,944	0,590	< 0,001
Peittaamaton*2013	55,435	0,589	< 0,001
Peittaamaton*2014	11,343	0,613	< 0,001
Peitattu*2012	9,586	0,604	< 0,001
Peitattu*2013	6,756	0,607	0,002
Peitattu*2014	0 <sup>a</sup>		
Peittauksen, lajikkeiden, kasvukausien ja maantieteellisten alueiden vaikutukset itävyysluokkiin ( $p < 0,001$ )			
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Kynnys normaalisti itäneet	5,398	0,273	< 0,001
Kynnys vaillinaisesti itäneet	15,061	0,274	< 0,001
Peittaamaton*Akseli*2012*Etelä-Pohjanmaa	1,243	0,288	0,450
Peittaamaton*Akseli*2012*Etelä-Savo	1,170	0,288	0,585
Peittaamaton*Akseli*2012*Häme	0,144	0,392	< 0,001
Peittaamaton*Akseli*2012*Keski-Suomi	1,371	0,300	0,292
Peittaamaton*Akseli*2012*Pohjanmaa	0,454	0,308	0,010
Peittaamaton*Akseli*2012*Pohjois-Savo	1,081	0,284	0,785
Peittaamaton*Akseli*2012*Satakunta	0,328	0,302	< 0,001
Peittaamaton*Akseli*2012*Varsinais-Suomi	0,530	0,315	0,044
Peittaamaton*Akseli*2013*Etelä-Pohjanmaa	0,348	0,365	0,004
Peittaamaton*Akseli*2013*Etelä-Savo	0,980	0,283	0,942
Peittaamaton*Akseli*2013*Häme	0,542	0,297	0,039
Peittaamaton*Akseli*2013*Keski-Suomi	0,545	0,290	0,036
Peittaamaton*Akseli*2013*Pohjanmaa	0,335	0,324	0,001
Peittaamaton*Akseli*2013*Pohjois-Savo	1,155	0,277	0,602
Peittaamaton*Akseli*2013*Satakunta	0,207	0,301	< 0,001
Peittaamaton*Akseli*2013*Varsinais-Suomi	0,303	0,419	0,004
Peittaamaton*Akseli*2014*Etelä-Pohjanmaa	0,348	0,502	0,036
Peittaamaton*Akseli*2014*Etelä-Savo	0,704	0,307	0,254
Peittaamaton*Akseli*2014*Häme	0,269	0,320	< 0,001
Peittaamaton*Akseli*2014*Keski-Suomi	0,537	0,295	0,035
Peittaamaton*Akseli*2014*Pohjanmaa	0,223	0,357	< 0,001
Peittaamaton*Akseli*2014*Pohjois-Savo	0,894	0,284	0,693
Peittaamaton*Akseli*2014*Satakunta	0,172	0,320	< 0,001
Peittaamaton*Akseli*2014*Varsinais-Suomi	0,168	0,647	0,006
Peittaamaton*Marika*2012*Pohjois-Pohjanmaa	1,020	0,299	0,948
Peittaamaton*Marika*2012*Pohjois-Savo	0,939	0,291	0,830
Peittaamaton*Marika*2013*Pohjois-Pohjanmaa	1,278	0,280	0,381
Peittaamaton*Marika*2013*Pohjois-Savo	1,212	0,328	0,558
Peittaamaton*Marika*2014*Pohjois-Pohjanmaa	0,153	0,670	0,005
Peittaamaton*Marika*2014*Pohjois-Savo	0,153	0,670	0,005
Peittaamaton*Peppi*2012*Etelä-Savo	0,953	0,308	0,876
Peittaamaton*Peppi*2012*Keski-Suomi	0,532	0,369	0,088
Peittaamaton*Peppi*2012*Pohjois-Savo	0,946	0,285	0,845
Peittaamaton*Peppi*2013*Etelä-Savo	0,705	0,328	0,285

(jatkuu)



Taulukko jatkuu

Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Peittaamaton*Peppi*2013*Keski-Suomi	1,481	0,322	0,223
Peittaamaton*Peppi*2013*Pohjois-Savo	1,001	0,306	0,998
Peittaamaton*Peppi*2014*Etelä-Savo	0,288	0,534	0,020
Peittaamaton*Peppi*2014*Keski-Suomi	0,168	0,497	< 0,001
Peittaamaton*Peppi*2014*Pohjois-Savo	0,068	0,941	0,004
Peittaamaton*Rocky*2012*Häme	1,243	0,286	0,447
Peittaamaton*Rocky*2012*Satakunta	0,649	0,294	0,141
Peittaamaton*Rocky*2012*Varsinais-Suomi	0,561	0,339	0,088
Peittaamaton*Rocky*2013*Häme	0,686	0,298	0,206
Peittaamaton*Rocky*2013*Satakunta	0,291	0,323	< 0,001
Peittaamaton*Rocky*2013*Varsinais-Suomi	0,504	0,373	0,066
Peittaamaton*Rocky*2014*Häme	0,374	0,320	0,002
Peittaamaton*Rocky*2014*Satakunta	0,216	0,329	< 0,001
Peittaamaton*Rocky*2014*Varsinais-Suomi	0,835	0,402	0,653
Peitattu*Akseli*2012*Etelä-Pohjanmaa	0,944	0,291	0,841
Peitattu*Akseli*2012*Etelä-Savo	1,004	0,290	0,988
Peitattu*Akseli*2012*Häme	0,144	0,392	< 0,001
Peitattu*Akseli*2012*Keski-Suomi	1,216	0,302	0,517
Peitattu*Akseli*2012*Pohjanmaa	0,409	0,311	0,004
Peitattu*Akseli*2012*Pohjois-Savo	0,955	0,285	0,871
Peitattu*Akseli*2012*Satakunta	0,362	0,300	0,001
Peitattu*Akseli*2012*Varsinais-Suomi	0,441	0,321	0,011
Peitattu*Akseli*2013*Etelä-Pohjanmaa	0,348	0,365	0,004
Peitattu*Akseli*2013*Etelä-Savo	0,825	0,284	0,498
Peitattu*Akseli*2013*Häme	0,494	0,298	0,018
Peitattu*Akseli*2013*Keski-Suomi	0,567	0,289	0,049
Peitattu*Akseli*2013*Pohjanmaa	0,381	0,319	0,002
Peitattu*Akseli*2013*Pohjois-Savo	0,991	0,277	0,973
Peitattu*Akseli*2013*Satakunta	0,213	0,300	< 0,001
Peitattu*Akseli*2013*Varsinais-Suomi	0,161	0,504	< 0,001
Peitattu*Akseli*2014*Etelä-Pohjanmaa	0,493	0,455	0,120
Peitattu*Akseli*2014*Etelä-Savo	0,645	0,310	0,157
Peitattu*Akseli*2014*Häme	0,262	0,321	< 0,001
Peitattu*Akseli*2014*Keski-Suomi	0,492	0,296	0,017
Peitattu*Akseli*2014*Pohjanmaa	0,219	0,358	< 0,001
Peitattu*Akseli*2014*Pohjois-Savo	0,704	0,286	0,219
Peitattu*Akseli*2014*Satakunta	0,172	0,320	< 0,001
Peitattu*Akseli*2014*Varsinais-Suomi	0,226	0,579	0,010
Peitattu*Marika*2012*Pohjois-Pohjanmaa	0,705	0,307	0,255
Peitattu*Marika*2012*Pohjois-Savo	1,062	0,290	0,834
Peitattu*Marika*2013*Pohjois-Pohjanmaa	0,782	0,283	0,386
Peitattu*Marika*2013*Pohjois-Savo	0,707	0,353	0,325
Peitattu*Marika*2014*Pohjois-Pohjanmaa	0,097	0,810	0,004
Peitattu*Marika*2014*Pohjois-Savo	0,153	0,670	0,005
Peitattu*Peppi*2012*Etelä-Savo	1,507	0,298	0,169
Peitattu*Peppi*2012*Keski-Suomi	0,405	0,389	0,020
Peitattu*Peppi*2012*Pohjois-Savo	0,776	0,287	0,377

(jatkuu)

Taulukko jatkuu

Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Peitattu*Peppi*2013*Etelä-Savo	0,561	0,338	0,088
Peitattu*Peppi*2013*Keski-Suomi	1,247	0,327	0,500
Peitattu*Peppi*2013*Pohjois-Savo	0,817	0,311	0,514
Peitattu*Peppi*2014*Etelä-Savo	0,152	0,670	0,005
Peitattu*Peppi*2014*Keski-Suomi	0,212	0,462	0,001
Peitattu*Peppi*2014*Pohjois-Savo	0,082	0,867	0,004
Peitattu*Rocky*2012*Häme	1,032	0,288	0,912
Peitattu*Rocky*2012*Satakunta	0,552	0,297	0,045
Peitattu*Rocky*2012*Varsinais-Suomi	0,529	0,341	0,061
Peitattu*Rocky*2013*Häme	0,508	0,305	0,026
Peitattu*Rocky*2013*Satakunta	0,284	0,324	< 0,001
Peitattu*Rocky*2013*Varsinais-Suomi	0,409	0,389	0,022
Peitattu*Rocky*2014*Häme	0,357	0,322	0,001
Peitattu*Rocky*2014*Satakunta	0,230	0,327	< 0,001
Peitattu*Rocky*2014*Varsinais-Suomi	0 <sup>a</sup>		

Peittauksen, lajikkeiden, kasvukausien ja maantieteellisten alueiden vaikutukset homevioituksiin ( $p < 0,001$ ) (aineistossa esiintyi näennäisesti täydellistä eroittuvuutta)

Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Leikkauspiste	0,000	45898,483	1,000
Peittaamaton*Akseli*2012*Etelä-Pohjanmaa	44057453383,621	45898,483	1,000
Peittaamaton*Akseli*2012*Etelä-Savo	10489869853,243	45898,483	1,000
Peittaamaton*Akseli*2012*Häme	0,997	50275,422	1,000
Peittaamaton*Akseli*2012*Keski-Suomi	18881765735,839	45898,483	1,000
Peittaamaton*Akseli*2012*Pohjanmaa	1048986985,324	45898,483	1,000
Peittaamaton*Akseli*2012*Pohjois-Savo	12587843823,893	45898,483	1,000
Peittaamaton*Akseli*2012*Satakunta	629392191,195	45898,483	1,000
Peittaamaton*Akseli*2012*Varsinais-Suomi	0,997	50275,422	1,000
Peittaamaton*Akseli*2013*Etelä-Pohjanmaa	0,997	52992,921	1,000
Peittaamaton*Akseli*2013*Etelä-Savo	11329059441,504	45898,483	1,000
Peittaamaton*Akseli*2013*Häme	0,997	48379,028	1,000
Peittaamaton*Akseli*2013*Keski-Suomi	1888176573,584	45898,483	1,000
Peittaamaton*Akseli*2013*Pohjanmaa	0,997	49572,777	1,000
Peittaamaton*Akseli*2013*Pohjois-Savo	9650680264,985	45898,483	1,000
Peittaamaton*Akseli*2013*Satakunta	0,997	47155,069	1,000
Peittaamaton*Akseli*2013*Varsinais-Suomi	0,997	56205,330	1,000
Peittaamaton*Akseli*2014*Etelä-Pohjanmaa	0,997	64895,358	1,000
Peittaamaton*Akseli*2014*Etelä-Savo	0,997	50275,422	1,000
Peittaamaton*Akseli*2014*Häme	0,997	48680,210	1,000
Peittaamaton*Akseli*2014*Keski-Suomi	2697395105,120	45898,483	1,000
Peittaamaton*Akseli*2014*Pohjanmaa	0,997	50275,422	1,000
Peittaamaton*Akseli*2014*Pohjois-Savo	4720441433,959	45898,483	1,000
Peittaamaton*Akseli*2014*Satakunta	0,997	47770,969	1,000
Peittaamaton*Akseli*2014*Varsinais-Suomi	0,997	64895,358	1,000
Peittaamaton*Marika*2012*Pohjois-Pohjanmaa	39741146159547200000,000	50275,421	0,999
Peittaamaton*Marika*2012*Pohjois-Savo	2097973970,649	45898,483	1,000
Peittaamaton*Marika*2013*Pohjois-Pohjanmaa	94408828679,189	45898,483	1,000
Peittaamaton*Marika*2013*Pohjois-Savo	39741146159548100000,000	56205,327	0,999

(jatkuu)

Taulukko jatkuu

Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Peittaamaton*Marika*2014*Pohjois-Pohjanmaa	0,997	64895,358	1,000
Peittaamaton*Marika*2014*Pohjois-Savo	0,997	64895,358	1,000
Peittaamaton*Peppi*2012*Etelä-Savo	0,997	51311,353	1,000
Peittaamaton*Peppi*2012*Keski-Suomi	6293921911,946	45898,483	1,000
Peittaamaton*Peppi*2012*Pohjois-Savo	8811490676,726	45898,483	1,000
Peittaamaton*Peppi*2013*Etelä-Savo	12587843823,892	45898,483	1,000
Peittaamaton*Peppi*2013*Keski-Suomi	39741146159553700000,000	56205,327	0,999
Peittaamaton*Peppi*2013*Pohjois-Savo	18881765735,840	45898,483	1,000
Peittaamaton*Peppi*2014*Etelä-Savo	0,997	64895,358	1,000
Peittaamaton*Peppi*2014*Keski-Suomi	0,997	56205,330	1,000
Peittaamaton*Peppi*2014*Pohjois-Savo	0,997	64895,358	1,000
Peittaamaton*Rocky*2012*Häme	7867402389,933	45898,483	1,000
Peittaamaton*Rocky*2012*Satakunta	3146960955,973	45898,483	1,000
Peittaamaton*Rocky*2012*Varsinais-Suomi	0,997	52992,921	1,000
Peittaamaton*Rocky*2013*Häme	4720441433,960	45898,483	1,000
Peittaamaton*Rocky*2013*Satakunta	0,997	49064,727	1,000
Peittaamaton*Rocky*2013*Varsinais-Suomi	0,997	56205,330	1,000
Peittaamaton*Rocky*2014*Häme	0,997	49572,777	1,000
Peittaamaton*Rocky*2014*Satakunta	0,997	48680,210	1,000
Peittaamaton*Rocky*2014*Varsinais-Suomi	39741146159550900000,000	64895,353	0,999
Peitattu*Akseli*2012*Etelä-Pohjanmaa	899131701,707	45898,483	1,000
Peitattu*Akseli*2012*Etelä-Savo	0,997	48680,210	1,000
Peitattu*Akseli*2012*Häme	0,997	50275,422	1,000
Peitattu*Akseli*2012*Keski-Suomi	2097973970,649	45898,483	1,000
Peitattu*Akseli*2012*Pohjanmaa	0,997	49064,727	1,000
Peitattu*Akseli*2012*Pohjois-Savo	3146960955,973	45898,483	1,000
Peitattu*Akseli*2012*Satakunta	0,997	47937,568	1,000
Peitattu*Akseli*2012*Varsinais-Suomi	0,997	50275,422	1,000
Peitattu*Akseli*2013*Etelä-Pohjanmaa	0,997	52992,921	1,000
Peitattu*Akseli*2013*Etelä-Savo	0,997	47507,989	1,000
Peitattu*Akseli*2013*Häme	0,997	48379,028	1,000
Peitattu*Akseli*2013*Keski-Suomi	0,997	47629,545	1,000
Peitattu*Akseli*2013*Pohjanmaa	0,997	49572,777	1,000
Peitattu*Akseli*2013*Pohjois-Savo	1678379176,519	45898,483	1,000
Peitattu*Akseli*2013*Satakunta	0,997	47155,069	1,000
Peitattu*Akseli*2013*Varsinais-Suomi	0,997	56205,330	1,000
Peitattu*Akseli*2014*Etelä-Pohjanmaa	0,997	64895,358	1,000
Peitattu*Akseli*2014*Etelä-Savo	0,997	50275,422	1,000
Peitattu*Akseli*2014*Häme	0,997	48680,210	1,000
Peitattu*Akseli*2014*Keski-Suomi	0,997	48136,726	1,000
Peitattu*Akseli*2014*Pohjanmaa	0,997	50275,422	1,000
Peitattu*Akseli*2014*Pohjois-Savo	484147839,380	45898,483	1,000
Peitattu*Akseli*2014*Satakunta	0,997	47770,969	1,000
Peitattu*Akseli*2014*Varsinais-Suomi	0,997	64895,358	1,000
Peitattu*Marika*2012*Pohjois-Pohjanmaa	0,997	50275,422	1,000
Peitattu*Marika*2012*Pohjois-Savo	2097973970,649	45898,483	1,000
Peitattu*Marika*2013*Pohjois-Pohjanmaa	419594794,130	45898,483	1,000

(jatkuu)

Taulukko jatkuu

Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Peitattu*Marika*2013*Pohjois-Savo	0,997	56205,330	1,000
Peitattu*Marika*2014*Pohjois-Pohjanmaa	0,997	64895,358	1,000
Peitattu*Marika*2014*Pohjois-Savo	0,997	64895,358	1,000
Peitattu*Peppi*2012*Etelä-Savo	0,997	51311,353	1,000
Peitattu*Peppi*2012*Keski-Suomi	0,997	56205,330	1,000
Peitattu*Peppi*2012*Pohjois-Savo	1258784382,389	45898,483	1,000
Peitattu*Peppi*2013*Etelä-Savo	3146960955,973	45898,483	1,000
Peitattu*Peppi*2013*Keski-Suomi	6293921911,946	45898,483	1,000
Peitattu*Peppi*2013*Pohjois-Savo	0,997	51311,353	1,000
Peitattu*Peppi*2014*Etelä-Savo	0,997	64895,358	1,000
Peitattu*Peppi*2014*Keski-Suomi	0,997	56205,330	1,000
Peitattu*Peppi*2014*Pohjois-Savo	0,997	64895,358	1,000
Peitattu*Rocky*2012*Häme	1798263403,413	45898,483	1,000
Peitattu*Rocky*2012*Satakunta	786740238,993	45898,483	1,000
Peitattu*Rocky*2012*Varsinais-Suomi	0,997	52992,921	1,000
Peitattu*Rocky*2013*Häme	1048986985,324	45898,483	1,000
Peitattu*Rocky*2013*Satakunta	0,997	49064,727	1,000
Peitattu*Rocky*2013*Varsinais-Suomi	0,997	56205,330	1,000
Peitattu*Rocky*2014*Häme	0,997	49572,777	1,000
Peitattu*Rocky*2014*Satakunta	0,997	48680,210	1,000
Peitattu*Rocky*2014*Varsinais-Suomi	0 <sup>a</sup>		

<sup>a</sup> Koejäsen, johon muita on verrattu

## LIITE 4: PEITTAUSKÄSITTELYN JA IDÄTYSMENETELMIEN VAIKUTUSTEN TILASTOLLISET MERKITTÄVYYDET ERITASOISIA HOMETARTUNTOJA KANTAVILLA NÄYTTEILLÄ

Taulukko 1. Peittauskäsittelyn, idätysmenetelmien, eritasoisia hometartuntoja kantavien siemenerien ja niiden yhdysvaikutusten tilastolliset merkittävyydet siementen itävyyteen.

Peittauskäsittelyn vaikutus itävyytsluokkiin (p <0,001)			
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Kynnys normaalisti itäneet	7,675	0,064	< 0,001
Kynnys vaillinaisesti itäneet	15,590	0,069	< 0,001
Peittaamaton	1,498	0,084	0,000
Baytan Universal	1,102	0,088	0,274
Celest Trio	0,932	0,092	0,440
Zardex G	0 <sup>a</sup>		
Idätysmenetelmän vaikutus itävyytsluokkiin (p <0,001)			
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Kynnys normaalisti itäneet	8,189	0,046	< 0,001
Kynnys vaillinaisesti itäneet	16,627	0,054	< 0,001
Paperi-idätys	1,413	0,062	< 0,001
Hiekkaidätys	0 <sup>a</sup>		
Idätysmenetelmän ja peittauskäsittelyn vaikutus itävyytsluokkiin (p <0,001)			
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Kynnys normaalisti itäneet	10,418	0,103	< 0,001
Kynnys vaillinaisesti itäneet	21,204	0,106	< 0,001
Paperi-idätys*Peittaamaton	2,214	0,127	< 0,001
Paperi-idätys*Baytan Universal	1,857	0,130	< 0,001
Paperi-idätys*Celest Trio	1,824	0,130	< 0,001
Paperi-idätys*Zardex G	1,175	0,140	0,250
Hiekkaidätys*Peittaamaton	1,442	0,135	0,007
Hiekkaidätys*Baytan Universal	1,090	0,143	0,547
Hiekkaidätys*Celest Trio	1,731	0,131	< 0,001
Hiekkaidätys*Zardex G	0 <sup>a</sup>		
Siemenerän ja peittauskäsittelyn vaikutus itävyytsluokkiin (p <0,001)			
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Kynnys normaalisti itäneet	11,629	0,130	< 0,001
Kynnys vaillinaisesti itäneet	24,068	0,133	< 0,001
Siemenerä 1*Peittaamaton	2,269	0,161	< 0,001
Siemenerä 1*Baytan Universal	1,676	0,168	0,002
Siemenerä 1*Celest Trio	1,223	0,177	0,256
Siemenerä 1*Zardex G	0,880	0,189	0,498
Siemenerä 2*Peittaamaton	4,168	0,153	< 0,001
Siemenerä 2*Baytan Universal	2,569	0,159	< 0,001
Siemenerä 2*Celest Trio	2,593	0,159	< 0,001

(jatkuu)

Taulukko jatkuu

Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Siemenerä 2*Zardex G	2,905	0,158	< 0,001
Siemenerä 3*Peittaamaton	0,833	0,192	0,340
Siemenerä 3*Baytan Universal	0,891	0,188	0,540
Siemenerä 3*Celest Trio	0,596	0,209	0,013
Siemenerä 3*Zardex G	0 <sup>a</sup>		

<sup>a</sup> Koejäsen, johon muita on verrattu

Taulukko 2. Peittausaineiden ja idätysmenetelmien sekä niiden yhdysvaikutusten tilastolliset merkittävyydet normaalisti itäneissä siemenissä esiintyviin vioituksiin.

Peittauskäsittelyn vaikutus normaalisti itäneiden vaurioluokkiin (p <0,001)			
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Kynnys vaurioluokka A	2,813	0,050	< 0,001
Kynnys vaurioluokka B	18,597	0,064	< 0,001
Kynnys vaurioluokka C	27,758	0,071	< 0,001
Peittaamaton	2,605	0,067	< 0,001
Baytan Universal	1,017	0,069	0,808
Celest Trio	0,429	0,081	< 0,001
Zardex G	0 <sup>a</sup>		
Idätysmenetelmän vaikutus normaalisti itäneiden vaurioluokkiin (p 0,003)			
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Kynnys vaurioluokka A	2,771	0,035	< 0,001
Kynnys vaurioluokka B	16,802	0,053	< 0,001
Kynnys vaurioluokka C	24,760	0,061	< 0,001
Paperi-idätys	1,156	0,049	0,003
Hiekkaidätys	0 <sup>a</sup>		
Idätysmenetelmän ja peittauskäsittelyn vaikutus normaalisti itäneiden vaurioluokkiin (p <0,001)			
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Kynnys vaurioluokka A	3,015	0,072	< 0,001
Kynnys vaurioluokka B	20,177	0,083	< 0,001
Kynnys vaurioluokka C	30,203	0,088	< 0,001
Paperi-idätys*Peittaamaton	2,262	0,095	< 0,001
Paperi-idätys*Baytan Universal	1,239	0,098	0,030
Paperi-idätys*Celest Trio	0,720	0,106	0,002
Paperi-idätys*Zardex G	1,146	0,099	0,169
Hiekkaidätys*Peittaamaton	3,512	0,096	< 0,001
Hiekkaidätys*Baytan Universal	0,957	0,101	0,662
Hiekkaidätys*Celest Trio	0,237	0,138	< 0,001
Hiekkaidätys*Zardex G	0 <sup>a</sup>		

<sup>a</sup> Koejäsen, johon muita on verrattu

Taulukko 3. Peittausaineiden ja idätysmenetelmien sekä niiden yhdysvaikutusten tilastolliset merkittävyydet vaillinaisesti itäneissä siemenissä esiintyviin vioituksiin.

Peittauskäsittelyn vaikutus vaillinaisesti itäneiden vaurioluokkiin (p <0,001)				
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo	
Kynnys vaurioluokka A	0,544	0,163	< 0,001	
Kynnys vaurioluokka B	1,452	0,162	0,021	
Kynnys vaurioluokka C	1,840	0,163	< 0,001	
Kynnys vaurioluokka D	2,753	0,168	< 0,001	
Peittaamaton	2,835	0,214	< 0,001	
Baytan Universal	0,837	0,209	0,394	
Celest Trio	0,685	0,237	0,110	
Zardex G	0 <sup>a</sup>			
Idätysmenetelmän vaikutus vaillinaisesti itäneiden vaurioluokkiin (p <0,001)				
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo	
Kynnys vaurioluokka A	0,151	0,154	< 0,001	
Kynnys vaurioluokka B	0,438	0,137	< 0,001	
Kynnys vaurioluokka C	0,564	0,135	< 0,001	
Kynnys vaurioluokka D	0,854	0,133	0,237	
Paperi-idätys	0,197	0,168	< 0,001	
Hiekkaidätys	0 <sup>a</sup>			
Idätysmenetelmän ja peittauskäsittelyn vaikutus vaillinaisesti itäneiden vaurioluokkiin (p <0,001)				
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo	
Kynnys vaurioluokka A	0,150	0,312	< 0,001	
Kynnys vaurioluokka B	0,460	0,303	0,010	
Kynnys vaurioluokka C	0,602	0,302	0,093	
Kynnys vaurioluokka D	0,944	0,301	0,847	
Paperi-idätys*Peittaamaton	0,437	0,355	0,020	
Paperi-idätys*Baytan Universal	0,169	0,349	< 0,001	
Paperi-idätys*Celest Trio	0,102	0,390	< 0,001	
Paperi-idätys*Zardex G	0,187	0,358	< 0,001	
Hiekkaidätys*Peittaamaton	2,443	0,385	0,020	
Hiekkaidätys*Baytan Universal	0,602	0,388	0,191	
Hiekkaidätys*Celest Trio	0,604	0,416	0,225	
Hiekkaidätys*Zardex G	0 <sup>a</sup>			

<sup>a</sup> Koejäsen, johon muita on verrattu

Taulukko 4. Peittausaineiden ja idätysmenetelmien sekä niiden yhdysvaikutusten tilastolliset merkittävyydet kuolleissa siemenissä esiintyviin vioituksiin.

Peittauskäsittelyn vaikutus kuolleiden vaurioluokkiin (p <0,001)			
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Kynnys vaurioluokka F	1,781	0,166	0,001
Kynnys vaurioluokka G	3,050	0,171	< 0,001
Kynnys vaurioluokka H	19,216	0,223	< 0,001
Peittaamaton	2,340	0,210	< 0,001
Baytan Universal	1,044	0,236	0,855
Celest Trio	0,295	0,287	< 0,001
Zardex G	0 <sup>a</sup>		
Idätysmenetelmän vaikutus kuolleiden vaurioluokkiin (p <0,001)			
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Kynnys vaurioluokka F	3,015	0,131	< 0,001
Kynnys vaurioluokka G	5,074	0,139	< 0,001
Kynnys vaurioluokka H	30,831	0,202	< 0,001
Paperi-idätys	2,949	0,167	< 0,001
Hiekkaidätys	0 <sup>a</sup>		
Idätysmenetelmän ja peittauskäsittelyn vaikutus kuolleiden vaurioluokkiin (p <0,001)			
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Kynnys vaurioluokka F	3,788	0,309	< 0,001
Kynnys vaurioluokka G	6,790	0,314	< 0,001
Kynnys vaurioluokka H	48,775	0,351	< 0,001
Paperi-idätys*Peittaamaton	12,087	0,362	< 0,001
Paperi-idätys*Baytan Universal	2,445	0,384	0,020
Paperi-idätys*Celest Trio	0,993	0,422	0,986
Paperi-idätys*Zardex G	3,365	0,370	0,001
Hiekkaidätys*Peittaamaton	1,934	0,371	0,076
Hiekkaidätys*Baytan Universal	2,065	0,399	0,069
Hiekkaidätys*Celest Trio	0,330	0,526	0,035
Hiekkaidätys*Zardex G	0 <sup>a</sup>		

<sup>a</sup> Koejäsen, johon muita on verrattu



## LIITE 5: *FUSARIUM CULMORUM*-SIENEN VAIKUTUKSEN TILASTOLLINEN MERKITTÄVYYS KOLMELLA KAURALAJIKKEELLA

Taulukko 1. *Fusarium culmorum* -tartutuksen ja kauralajikkeeseen tilastollinen merkitys siementen itävyyteen.

Lajikkeiden vaikutus itävyysluokkiin (p < 0,001)			
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Kynnys normaalisti itäneet	5,044	0,055	< 0,001
Kynnys vaillinaisesti itäneet	44,919	0,102	< 0,001
Roope	0,826	0,080	0,017
Fiia	0,363	0,098	< 0,001
Venla	0 <sup>a</sup>		
Tartutuskäsittelyn vaikutus itävyysluokkiin (p < 0,001)			
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Kynnys normaalisti itäneet	3,976	0,041	< 0,001
Kynnys vaillinaisesti itäneet	36,779	0,096	< 0,001
Vesikäsittely	0,194	0,090	< 0,001
<i>Fusarium</i> -käsittely	0 <sup>a</sup>		
Lajikkeiden ja tartutuskäsittelyn vaikutukset itävyysluokkiin (p < 0,001)			
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Kynnys normaalisti itäneet	2,527	0,063	< 0,001
Kynnys vaillinaisesti itäneet	24,109	0,106	< 0,001
Roope*Vesikäsittely	0,182	0,132	< 0,001
Roope* <i>Fusarium</i> -käsittely	0,076	0,183	< 0,001
Fiia*Vesikäsittely	0,115	0,155	< 0,001
Fiia* <i>Fusarium</i> -käsittely	0,682	0,094	< 0,001
Venla*Vesikäsittely	0,296	0,113	< 0,001
Venla* <i>Fusarium</i> -käsittely	0 <sup>a</sup>		

<sup>a</sup> Koejäsen, johon muita on verrattu

Taulukko 2. *Fusarium culmorum* -tartutuksen ja kauralajikkeeseen tilastollinen merkitys normaalisti itäneiden siementen homevioitusten määriin

Lajikkeiden vaikutus normaalisti itäneiden vaurioluokkiin (p <0,001)			
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Kynnys vaurioluokka A	0,811	0,044	< 0,001
Kynnys vaurioluokka B	7,067	0,054	< 0,001
Kynnys vaurioluokka C	7,536	0,055	< 0,001
Roope	0,792	0,060	< 0,001
Fiia	0,583	0,060	< 0,001
Venla	0 <sup>a</sup>		
Tartutuskäsittelyn vaikutus normaalisti itäneiden vaurioluokkiin (p <0,001)			
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Kynnys vaurioluokka A	0,350	0,041	< 0,001
Kynnys vaurioluokka B	4,411	0,046	< 0,001
Kynnys vaurioluokka C	4,726	0,047	< 0,001
Vesikäsittely	0,134	0,055	< 0,001
<i>Fusarium</i> -käsittely	0 <sup>a</sup>		
Lajikkeiden ja tartutuskäsittelyn vaikutukset normaalisti itäneiden vaurioluokkiin (p <0,001)			
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Kynnys vaurioluokka A	0,161	0,075	< 0,001
Kynnys vaurioluokka B	2,298	0,068	< 0,001
Kynnys vaurioluokka C	2,468	0,068	< 0,001
Roope*Vesikäsittely	0,065	0,099	< 0,001
Roope* <i>Fusarium</i> -käsittely	0,053	0,100	< 0,001
Fiia*Vesikäsittely	0,068	0,098	< 0,001
Fiia* <i>Fusarium</i> -käsittely	0,495	0,093	< 0,001
Venla*Vesikäsittely	0,266	0,092	< 0,001
Venla* <i>Fusarium</i> -käsittely	0 <sup>a</sup>		

<sup>a</sup> Koejäsen, johon muita on verrattu

Taulukko 3. *Fusarium culmorum* -tartutuksen ja kauralajikkeiden tilastollinen merkitys vaillinaisesti itäneiden siementen homevioitusten määriin.

Lajikkeiden vaikutus vaillinaisesti itäneiden vaurioluokkiin (p < 0,001)			
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Kynnys vaurioluokka A	0,081	0,147	< 0,001
Kynnys vaurioluokka B	0,178	0,125	< 0,001
Kynnys vaurioluokka C	0,195	0,123	< 0,001
Kynnys vaurioluokka D	0,449	0,110	< 0,001
Roope	0,543	0,160	< 0,001
Fiia	0,394	0,195	< 0,001
Venla	0 <sup>a</sup>		
Tartutuskäsittelyn vaikutus vaillinaisesti itäneiden vaurioluokkiin (p < 0,001)			
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Kynnys vaurioluokka A	0,058	0,148	< 0,001
Kynnys vaurioluokka B	0,156	0,109	< 0,001
Kynnys vaurioluokka C	0,176	0,105	< 0,001
Kynnys vaurioluokka D	0,476	0,082	< 0,001
Vesikäsittely	0,067	0,214	< 0,001
<i>Fusarium</i> -käsittely	0 <sup>a</sup>		
Lajikkeiden ja tartutuskäsittelyn vaikutukset vaillinaisesti itäneiden vaurioluokkiin (p < 0,001)			
Muuttuja	Vedonlyöntikerroin	Keskivirhe	P-arvo
Kynnys vaurioluokka A	0,037	0,181	< 0,001
Kynnys vaurioluokka B	0,102	0,149	< 0,001
Kynnys vaurioluokka C	0,115	0,146	< 0,001
Kynnys vaurioluokka D	0,320	0,126	< 0,001
Roope*Vesikäsittely	0,046	0,314	< 0,001
Roope* <i>Fusarium</i> -käsittely	0,039	0,430	< 0,001
Fiia*Vesikäsittely	0,044	0,333	< 0,001
Fiia* <i>Fusarium</i> -käsittely	0,540	0,184	0,001
Venla*Vesikäsittely	0,362	0,222	< 0,001
Venla* <i>Fusarium</i> -käsittely	0 <sup>a</sup>		

<sup>a</sup> Koejäsen, johon muita on verrattu

Taulukko 4. *Fusarium culmorum* -tartutuksen ja kauralajikkeiden tilastollinen merkitys kuolleiden siementen homevioitusten määriin.

Muuttuja	Kohde	P-arvo
Lajikkeet	Kuolleiden vaurioluokat	0,398
Tartutuskäsittely	Kuolleiden vaurioluokat	0,932
Lajikkeet*Tartutuskäsittely	Kuolleiden vaurioluokat	0,225